《心理学报》论文自检报告

请作者填写以下内容，粘贴在稿件的首页。

1. 请以“研究亮点”的形式列出最多三条本研究的创新性贡献，总共不超过 200 字。

《心理学报》的目标是发表“既科学优秀，又具有广泛兴趣和意义” (be both scientifically excellent and of particularly broad interest and significance)的心理学前沿研究。如果您的研究只有小修小补的贡献，没有尝试开创新的研究领域(new areas of inquiry)或提出独到见解和创新视角(unique and innovative perspectives)，特别纯粹只是研究没有明确心理学问题的算法或技术的工作，这类研究被本刊接受的机会小，建议另投他刊。

答：(1)首次将多个空间线索变量编码为空间线索一致性，设计了适用性更为广泛的空间语言交互的研究范式；(2)发现了多重空间线索的支持效应，比较了布局线索和环境线索的支持效应孰强孰弱；(3)发现了场认知风格能影响个体对空间线索的提取和加工，第三人称视角能削弱空间线索的支持效应和个性因素的影响。研究结论为复杂空间合作任务场景中如何改善人-人或人-机交互效率、如何设计人-机交互界面的观察视角提供了依据。

2. 作者已经投稿或发表的文章中是否采用了与本研究相同的数据？如果是，请把文章附上审查。(我们不赞成作者用同一数据发表多篇变量相同的文章，也不赞成将一系列的相关研究拆成多个研究来发表的做法。)

答：否。

3. 管理、临床、人格和社会等领域仅有自我报告(问卷法)的非实验非干预研究，需要检查数据是否存在共同方法偏差(common method bias)。为控制或证明这种偏差不会影响研究结论的效度，你使用了什么方法？采取了哪些措施？(共同方法偏差的有关文献可参见：http://journal.psych.ac.cn/xlkxjz/CN/abstract/abstract894.shtml)基于横断数据，仅有自我报告，仅仅在方便样本中施测，这样的研究数据易取得，但通常创新性价值不大，被本刊接受的机会小。

答：本研究不存在共同方法偏差问题。

4. 是否报告并分析了效果量(effect sizes；如：*t* 检验：Cohen’s *d*；方差分析：η^2 或η_p^2；标准化回归系数)？(很多研究只是机械地报告了效果量，但没有做必要的分析或说明，如效果量是大中小？有什么理论意义或应用意义？)。(在 google 中搜索“effect size calculator”，可搜到许多计算方便的 APP。效应量的有关解释，中文可参考：http://journal.psych.ac.cn/xlkxjz/CN/abstract/abstract1150.shtml；英文可参看：http://www.uccs.edu/lbecker/effect-size.html。是否报告统计分析的 95% CI？(如，差异的 95% CI；相关/回归系数的 95% CI)置信区间的有关计算和绘图可参考 https://thenewstatistics.com/itns/esci/)

答：是。

5. 请写出计划的样本量，实际的样本量。如果二者有差别，请写出理由。以往心理学研究中普遍存在样本量不足导致的低统计功效(power)问题，我们建议在论文的方法部分解释您计算及认定样本量的依据。应该以有一定依据的效果量(effect size)、期望的功效来确定样本量，并报告计算用软件或程序。样本量计划的理由和做法可参考 https://osf.io/5awp4/

答：本研究所有实验的计划样本量均使用 G*power 估算，实验 1 计划样本量为 27，实际样本量为 53；实验 2 计划样本量 27，实际样本量为 45；实验 3 计划样本量为 30，实际样本

量为 56；实验 4 计划样本量为 30，实际样本量为 44。实际样本量之所以大于计划样本量，是因为本研究在师范院校展开且时间跨度较长，第一阶段实验中部分被试于特殊时期招募，因不可抗力因素无法严格控制男女比例，造成男女被试数量差异过大，为降低男女被试数量差异，在第二阶段增加了男被试。

6. 假设检验中, 如果是零假设显著性检验(NHST), 需报告精确 p 值而不是 p 的区间(小于 0.001 的报告区间, 其他报告精确 p 值)。你的论文是否符合该项要求？如果是贝叶斯因素, 是否已报告其对先验分布假定的敏感性？

答：是。

7. 为保证论文中数据报告的完备性, 统计分析中如果剔除了部分数据, 是否在文中报告？原因是什么？包含这部分数据的统计结果如何变化？统计分析中是如何处理缺失数据的？使用量表时是否删除了其中的个别题目？原因是什么？如果包含这部分题目, 统计结果会如何变化？是否有测量的项目或者变量没有报告？原因是什么？请写出在论文中的位置。

答：(1)本研究剔除数据的原因在每个实验的“被试”部分均有详细报告。

(2)若包含这部分数据，统计结果的变化如下：在实验一参照系选择的结果中，步骤二的空间视角转换能力的影响不显著，$p = 0.066$，步骤三的空间线索一致性与场认知风格的交互效应不显著，$p = 0.120$。其他实验的结果模式在数据删除前后不变。

(3)本研究收集的数据没有缺失值。

(4)本研究没有删除所用量表的任何题目。

(5)本研究没有测量的项目或者变量没有报告的情况。

8. 研究用到的未经过同行评议和审查的实验材料、量表或问卷, 是否附在文件的末尾以供审查？如果没有, 请写出理由。如果该文发表, 您是否愿意公开这些材料与其他研究者共享？

答：由于实验材料过多无法全部上传，故而未附于文末，但在文内均有示例供审查。研究所用量表已附在文件的末尾以供审查。如文章发表，愿共享所有材料。

9. 本刊要求作者提供原始数据, 请在以下 3 种里选择一种打√:

a)投稿后将数据发至编辑部邮箱 (√)

b)数据可以从如下链接中获得 ________________________ ( )

c)原始数据和程序已在科学数据银行(https://www.scidb.cn/surl/xlxb)上分享 ( )

d)如不能提供，请说明理由或提供有关证明。

10. 您的研究是否是临床干预或实验室实验？ 是(√) 否( )

如果是, 请提供预注册登记号 ____________________。

如果没有, 请说明原因__本研究选题用于研究生毕业论文设计，探索性较强，最初并未考虑具体的投稿杂志，因此未进行预先备案登记__。

注：临床干预或实验室实验, 建议在收集数据前预注册(pre-register)。也鼓励其他实验研究预注册。预注册要求写出所有的研究假设及其支持, 以及实验/干预的详细过程和步骤。本期刊的预注册网站是 https://os.psych.ac.cn/preregister (使用说明书见本刊网站

“下载中心”)或 https://osf.io/ 或 https://aspredicted.org/。如果您的研究有预注册，会显著增加被录用的机会。预注册的重要性可参考 https://osf.io/5awp4/

11. 您的研究如果用到了人类或动物被试，是否得到所在单位伦理委员会的批准？如果是，请把扫描版发至编辑部邮箱。如果否，请说明理由。

答：是，已发送。

12. 是否依据编辑部网站发布的“英文摘要写作注意事项”撰写 400~500 个单词的英文大摘要？英文题目和摘要是否已请英语好的专业人士把关或者已送专业 SCI/SSCI 论文编辑公司修改润色？

答：是，已润色。

13. 如果第一作者是学生，请导师单独给编辑部(xuebao@psych.ac.cn)发邮件，说明已阅读本文并认真把关。是否已提醒导师给编辑部发邮件？(编辑部收到导师邮件后才会考虑进入稿件处理流程)

答：是。

14. 请到编辑部网站首页右侧“下载中心”下载并填写“稿件不涉密证明”，加盖通讯作者单位的保密办公章，把扫描件发至编辑部邮箱(xuebao@psych.ac.cn)。如没有保密办公章，请加盖通讯作者的单位公章。是否已发邮件？

答：是。

空间语言交互在不同视角下的多线索影响机制

摘要：空间语言交互受空间线索影响，但多线索影响机制尚不明确。将环境线索、布局线索、社会空间线索编码为空间线索一致性作为核心变量，将空间视角转换能力、场认知风格作为调节变量，基于虚拟场景构建四个实验探究表述和接收过程在两种视角下的多线索影响机制。结果表明，第一人称视角下，空间参照系受空间线索的支持越多，个体越倾向于使用它进行语言表述且交互效率更高，其中布局线索的支持效应远大于环境线索；场独立型表述者在选择参照系时受空间线索一致性的影响更大；空间视角转换能力越高，表述者越倾向于承担更多认知负荷，接收者的理解效率越高。第三人称视角会削弱空间线索支持效应和高空间视角转换能力者的交互优势，还会使两类场认知风格表述者的表述过程产生不同程度的复杂化。但无论何种视角下，使用接收者参照系进行语言表述都是提高理解效率的最优方法。

关键词：空间语言交互，空间参照系，空间视角转换，场认知风格，第一/第三人称视角

1 引言

在日常生活和工作中，个体经常使用方位语言向他人传达客体的空间位置信息，他人接收和理解表述语言后识别客体位置，这种被广泛应用于问路寻路、工程作业、塔台交流等空间合作任务场景中的信息交流过程被称为空间语言交互(spatial communication)(肖承丽等, 2019; 马奔川, 2021; Tosi et al., 2020)。典型的空间语言交互涉及表述者和接收者两类角色，“表述者在掌握目标空间位置后使用方位语言传达信息给接收者”为表述过程，“接收者理解方位语言并根据所得信息找出目标位置”为接收过程，二者的交流遵从“最小合作负荷原则”(Clark & Wilkes-Gibbs, 1986; Clark, 1996; Galati & Avraamides, 2013; Galati et al., 2013; 王笃明等, 2021)。

空间言语模式[1](spatial verbal-pattern)和空间视角转换(spacial perspective taking)是空间语言交互的两大研究范畴(肖承丽等, 2021)。空间言语模式分为语言的产生模式和理解模式。对产生模式的分析在于对表述过程的拆解。首先，表述者产生包含四个要素（目标、原点、方位和距离）的空间语言之前，需确定空间参照系(spatial reference frame)(Carlson, 1999)。常见的

[1] 肖承丽等(2021)将空间语言交流和空间视角转换视为空间语言交互的两大研究范畴，但空间语言交流和空间语言交互的英文表达皆为“spatial communication”，所以两者在概念上存在一定的混淆，又因对空间语言交流的研究主要集中在言语模式上，因此用“空间言语模式”替代“空间语言交流”。

空间参照系有 7 类（如表 1），其中自我中心和他人中心最为常用(Galati & Avraamides, 2012)。其次，表述者需借助空间参照系形成对四个要素的心理表征，即空间语言的组织过程。最后，表述者通过肢体动作或发声的方式表述信息，肢体动作一般通过手、眼等指向具体方位，表述语句则是四个要素的有机组合。因此，一般通过使用录音或纸笔记录表述内容、事后要求表述者回忆空间场景并进行记录和分析等方法确定表述者使用的空间参照系和表述策略，分析其空间语言的产生模式(Taylor & Tversky, 1996; Galati & Avraamides, 2015)。对于空间语言的理解模式，以往重点关注了接收者在不同观察视角下空间信息理解效率的差异(Ryskin et al., 2014; Vukovic & Williams, 2015; Ryskin et al., 2016; Burigo & Schultheis, 2018)，或使用模糊空间语句信息，考察接收者的语言理解策略(Duran et al., 2011, Galati et al., 2018)。此外，当空间语言交互双方的视角差异较大时，空间视角转换是必不可少的心理过程。研究发现，表述者可能会在交互场景的首次语言组织阶段进行空间视角转换，直接使用他人中心参照系表述空间信息(Brennan & Hanna, 2009; Ryskin et al., 2016)，也可能先使用自我中心参照系，待接收者反馈后再选择是否进行空间视角转换(Kronmüller & Barr, 2007; Shintel & Keysar, 2009)。起初，Schober(2009)认为可能是表述者空间视角转换能力的高低对其主动承担认知负荷的意愿存在影响，而且接收者的理解效率也受其空间视角转换能力的影响。后来，Galati 等(2019)发现除空间视角转换能力等个性认知线索之外，不同特征的交互场景对表述者存在不同约束，即场景中与空间信息有关的认知线索会影响表述者的参照系选择，能在一定程度上决定其是否进行空间视角转换。因此，探索认知线索对空间语言交互的影响是揭示其心理机制的重要途径。

表 1 空间参照系类型

空间参照系	原点	坐标轴	举例
指示	表述者	肢体指向	表述者：“在我手指的那里”（伴随肢体指向动作）
世界中心	地标	东西南北	宿舍在食堂东面
自我中心	表述者	视线朝向	在我右手边
他人中心	接收者	视线朝向	在你右前方
物体中心	物体	结构内在轴[2]	注意汽车左前方的行人
阵列中心	阵列中心	布局内在轴	国旗队方阵最右侧的队员是排头
场景中心	场景中心	环境内在轴	老师站在教室前面的讲台上

[2] 内在轴(intrinsic axis)是由物体的旋转不对称性结构、物体所处场景的空间布局或阵列布局形成的可用潜在坐标轴。个体经验会赋予熟悉物体或规则布局一个默认的正前方向，再以该方向为基础建立内在轴。

空间语言交互中的认知线索分为环境线索、布局结构线索、社会线索。环境线索即显著的环境特征或可用地标等，其中小尺度场景的轮廓在知觉整体性作用下形成的环境内在轴及其朝向会影响个体对空间关系的表征(谢超香等, 2009)，大尺度场景中的地标有助于构建认知地图并能作为表征空间信息的共同参照点(王笃明, 2021; Peer et al., 2021)，且通过对比发现小尺度场景更利于表征空间关系(Meilinger et al., 2016)。布局结构线索分为物体结构线索与阵列布局线索（后称"布局线索"），前者是指物体结构的内在轴，能够被分辨"前后左右"物体（汽车、飞机等）的内在轴既能影响个体对参照系的选择，又能直接作为参照系表征空间信息(肖承丽, 2019)；后者是指物体阵列按知觉整体性组织原则形成的内在轴，将阵列知觉为整体后其内在轴的作用、影响力基本与物体结构的内在轴一致，只不过同一阵列可能存在多个内在轴，而个体主观经验、认知习惯以及特殊场景特征会使某些阵列内在轴更为突出，参考权重更大(Mou & McNamara, 2002)。社会线索分为社会空间线索和社会个性线索。视线朝向是影响参照系选择的重要社会空间线索，当交互双方视线偏差小于 90°时，表述者倾向于使用他人中心参照系，反之倾向于使用自我中心参照系(Galati& Avraamides, 2012)。社会个性线索中年龄、空间视角转换能力、空间参照系偏好等是被重点关注的线索。研究发现，当表述者知晓接收者空间视角转换能力较低时，更倾向于选择他人中心参照系以主动承担更多的认知负荷(Schober, 2009)。例如，成年人与儿童进行空间语言交互时会花费更多时间进行语言描述(Newman-Norlund et al., 2009)。至于空间参照系偏好，以往研究发现其对空间语言交互的影响存在两面性(Vukovic & Williams, 2015)。

以往研究多集中在对单认知线索的探讨，即使存在对多认知线索的研究，也大都局限于双线索，且对场景的构建缺少情境性和真实性。例如，对两种不同社会线索之间交互作用的研究发现，空间视角转换能力和共情水平越高的表述者越倾向于使用非自我中心参照系，但这种倾向只存在于有接收者角色出现的交互场景中(Niselsen et al., 2015)。两种不同认知线索之间的交互作用同样存在，谢超香等(2009)发现环境线索与布局结构线索一致时，表述者倾向于使用两者共同支持的参照系；不一致时，表述者如何选择参照系取决于其经验。之后，Galati 和 Avraamides(2015)发现阵列内在轴与表述者视线朝向一致时，表述者倾向于使用自我中心参照系，与接收者视线朝向一致时，选择他人中心参照系的倾向性更明显。然而，相比简单的实验场景，现实空间语言交互场景中认知线索往往是冗杂交互的，要从中提取最有效的线索才能满足空间合作任务的要求，因此探索多线索的影响机制更具现实意义。

此外，也有研究将视角因素的影响作为重要考量。马奔川(2021)发现，相比于第一人称视角，接收者在第三人称俯视视角下对使用不同参照系语言理解效率的差异更小，说明不同视角下对同一空间信息的理解难度不同。可见，从不同视角获取空间信息各有利弊，第一人称视角能最直观地获取场景信息，但其视野有限，难以把握场景的整体结构；第三人称俯视视角常用于使用地图交流的场景，能够解决视野受限的问题，但会丢失高度信息，影响对场景的直观感受，也会对物体特征的识别构成阻碍。不过，视角因素对空间语言交互的影响机制尚不明确，尤其是对表述者在不同视角下面对多重认知线索的场景时，倾向于将哪种参照系视为最优选择没有定论。另外，认知风格(cognitive style)被视为影响空间认知的重要个性因素，场依存型个体倾向于使用外部参照物或环境线索表征空间信息，而场独立型个体容易摆脱知觉场的信息干扰，倾向于使用内在感知线索表征空间信息。而且场独立型个体通常在心理旋转、空间视角转换、地图学习、空间导航等空间任务中表现出更好的绩效，间接说明场认知风格能在一定程度上反映空间认知能力水平的高低(Davis & Cochran, 1989; Davis, 1991; 游旭群, 于立身, 2000; 赵晓妮, 游旭群, 2007)。因此，个体的场认知风格既可能通过影响认知线索的获取从而影响参照系的选择，也可能通过影响空间认知能力作用于空间语言交互。

综上，我们决定在经典空间语言交互实验场景的基础上提高实验的真实性和情境性，构建小尺度的室内虚拟场景以便于操纵多种认知线索的变量水平来探究其影响机制。如图 3e，为区分变量关系和简化自变量的操纵，将社会空间线索（表述者与接收者视线朝向）、环境线索、布局线索统称为空间线索并重新编码为一个变量——空间线索一致性，然后引入空间视角转换能力和场认知风格两类个性线索以及视角因素。此外，以往多以研究表述过程为主，少有研究接收过程，因此为探索语言交互过程中信息传递的完整过程，构建完备的理论框架，我们进行了两项对称的研究：研究一探索在第一人称视角（实验 1）和第三人称俯视视角（实验 2）下表述过程的多线索影响机制，研究二探索在第一人称视角（实验 3）和第三人俯视视角（实验 4）下接收过程的多线索影响机制。总体假设为：空间语言交互中存在多空间线索的支持效应，即表述者在选择自我中心或他人中心的参照系时，哪种参照系受支持的空间线索越多则越倾向于选择它且使用它的表述效率越高，接收者对使用相应参照系的表述语句的理解效率越高；高空间视角转换能力、场独立型认知风格能够正向预测个体的空间语言交互效率；第三人称俯视视角下的空间语言交互效率更高。

2 研究一：表述过程的影响机制

2.1 实验 1：第一人称视角下表述过程的影响机制

探讨第一人称视角下，空间线索一致性、空间视角转换能力和场认知风格对表述者参照系选择和表述效率的影响。

2.1.1 被试

采用G*Power(Version 3.1.9.7, Heinrich Heine University, Germany)软件里Exact检验族中的Liner multiple regression: Random model 方法进行估计。将 H1 ρ^2 设置为 0.35，H0 ρ^2 设置为 0，α设置为 0.05，统计检验力 1-β设置为 0.8，计算出被试量至少为 27 人。

本实验共招募 59 名健康大学生被试，1 名被试经过多次指导后依然未能理解任务规则中途放弃；2 名被试在所有的试次上均反应“他人中心”，未遵守任务要求；1 名被试未能完成两项纸笔测验；1 名被试重复招募；1 名被试在实验过程中多次向主试询问实验目的，猜测实验意图。去除无效数据，最终有 53 名被试的数据纳入统计分析，其中女生 35 名，男生 18 名，年龄在 17 到 25 岁之间(M = 19.208, SD = 1.758)，均为右利手，视力或矫正视力正常，此前均未参加过与本研究相关的实验。

2.1.2 实验仪器与材料

实验包含纸笔测验和虚拟场景实验。纸笔测验打印在 A4 纸上，采用铅笔和橡皮作答，实验过程中被试需要完成两种纸笔测验：测量空间视角转换能力的客体视角测验(Object Perspective Test)和测量场认知风格的镶嵌图形测验(Embedded Figures Test)。虚拟场景实验使用的电脑屏幕大小为 27 寸，分辨率为 1920*1080，刷新率为 75Hz。

客体视角测验为 Hegarty 和 Waller(2004)修订的版本(见附录 1)，测验要求被试根据题目描述，想象自身处于地图中某一标志物的位置，面部朝向目标物，判断目标物相对于自身的方位，并将目标的方位尽可能准确地画在圆圈方位图中，答题过程中允许用铅笔修改，但不允许被试旋转测验问卷。测验共 8 个项目，判断视角均大于或等于 90° 且在空间框架的各方位均匀分布。原测验中将作答方位与正确方位平均误差作为测验成绩，分数越低能力越高，本测验为了数据便于统计和分析，采取反向计分，用 180° 减去平均误差角度作为最终测验分数，确保测验分数高低与空间视角转换能力高低的一致性。

镶嵌图形测验使用宋合义(1988)修订的中文版(见附录 2)，要求被试在每个题目给出的复杂图形中找出简单的目标图形，并将目标图形的轮廓用铅笔涂黑，作答时可以使用橡皮修改。

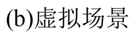
测验中包含一张简单图形集合的附录随时供被试翻阅，用于寻找所有指定题目中的简单图形。测验包括 3 个部分，第一部分包含 9 个题目（练习不计分），后两部分各包含 10 个题目（1-2 题各记 0.5 分，3-4 题各计 2 分，5 到 10 题各计 1.5 分，满分 24 分），每部分作答时间限时 5 分钟(李寿欣, 宋广文, 1994)，考虑到常模平均分可能不适用当下时代背景，本研究使用样本平均分作为划分场认知风格类型的标准。



图 1 物体阵列及其位置编号



(a)虚拟场景



(b)虚拟场景



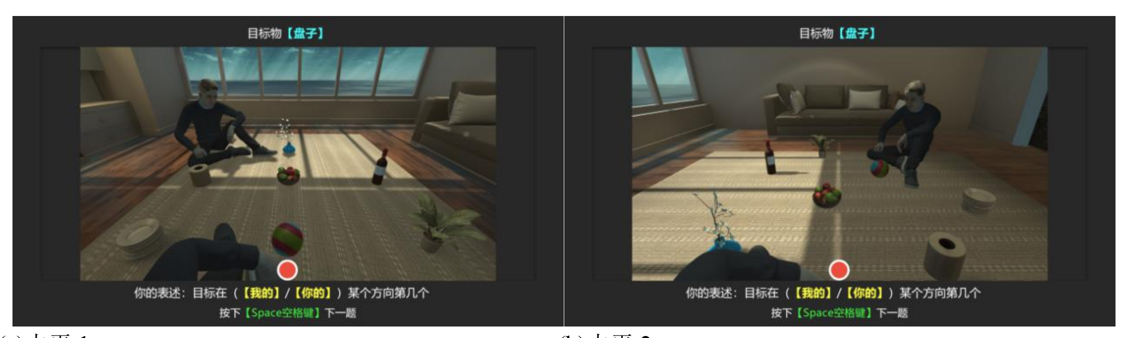
(c)摄像机

(d)第一人称视角画面

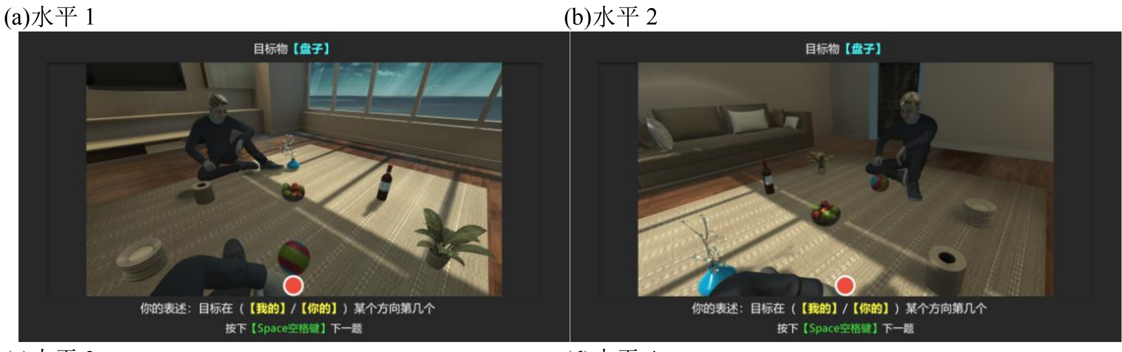
图 2 第一人称视角下构建的空间语言交互场景

虚拟的室内场景使用 Unity 3D 软件构建，选取素材构建一个类似于客厅的环境，客厅中央的地毯上摆放 7 个无明确前后概念的日常物品组成有前后概念的物体阵列，如图 1。在地毯

上“摆放”两个虚拟人物代表空间语言交互的双方，如图 2a 和 2b。实验 1 为第一人称视角下空间信息的表述任务，因此在虚拟人眼睛的位置放置一个摄像机，用以捕捉第一人称视角的画面，如图 2c。第一人称视角视野范围的选取遵守了 Henson(1993)提出的人眼总视野极限，人类两只眼睛总视野为 200°，但总视野两侧各有约 40°属于单眼视野模糊的区域，因此一般认为水平双眼可视范围为 124°，垂直视角为 70°(Blake & Fox, 1973; DC, 1999)。为了保证虚拟场景中选取的第一人称视角符合人眼知觉经验，同时保证场景画面比例符合显示器 16 : 9 的规格，最终选取摄像机的垂直视角为 70°，水平视角为 102.447°。通过改变虚拟场景的空间特征代表空间线索一致性的不同水平，摄像机对表述者第一人称视角画面捕捉的截图作为实验刺激材料，如图 2d。



(a)水平 1　　(b)水平 2



(c)水平 3　　(d)水平 4

一致性水平	表述者轴	环境轴	布局轴	接收者轴
1(高)				
2(低)				
3(低)				
4(高)				

a*　*b　*c　*b　*c

灰色代表与表述者轴一致；白色代表与接收者轴一致

a. 多空间线索支持效应；b. 布局线索支持效应；c. 环境线索支持效应

(e)一致性水平与空间线索的关系

图 3 第一人称视角下四种空间线索一致性水平对应的信息表述任务场景

2.1.3 实验设计

实验采用多因素混合设计，共包含 3 个自变量：空间视角转换能力（客观视角测验得分越高代表能力越强，连续变量）、表述者的场认知风格（场独立型和场依存型，二分变量）为被试间变量，空间线索一致性为被试内变量（空间线索重新编码后的 4 种空间线索一致性水平，如图 3）。

因为水平 1 和水平 4 为 3 个空间线索处于一致，为高一致水平，其中水平 1 是空间线索与表述者轴高一致，水平 4 是空间线索与接收者轴高一致；水平 2 与水平 3 中环境线索和布局线索各自支持不同的轴，为低一致水平。所以，在分析空间语言交互时，如果发现水平 1 与水平 4 差异显著，或高一致性水平与低一致性水平的差异显著，则均能说明多空间线索的支持效应存在；如果发现水平 1 与水平 2、水平 3 与水平 4 的差异显著，则说明布局线索的支持效应存在，如果发现水平 1 与水平 3、水平 2 与水平 4 的差异显著，则说明环境线索的支持效应存在，如图 3e 所示。

3 个因变量为参照系选择的比率（使用“我的”作为方位词的修饰主语代表其使用了自我中心参照系；使用“你的”作为方位词的修饰主语代表其使用了他人中心参照系）、组织时长（从呈现实验刺激到点击录音键开始表述所用的语言组织时长）、语音时长（实验规定了表述语句的规则，描述空间信息的难易程度会通过语速快慢体现）。

实验还控制了 3 个额外变量：重复测量（使用混合模型来规避个案重复测量导致的数据自相关问题）、空间语言参照系偏好和言语能力（空间参照系偏好和言语能力视为的随机效应，将两者的随机截距纳入混合模型中进行控制）、目标物体所处的空间位置（如图 1，为避免物体所处空间位置特殊性对因变量产生影响，对阵列中物体进行编号，将物体在阵列中的相对位置（主效应项）与物体所处观察视野中的空间位置（交互项）纳入模型中，作为模型固定效应中的控制变量。

2.1.4 实验程序

被试先完成两项纸笔测验，并按纸笔测验的结果分组，分组后开始在电脑上进行第一人称空间信息表述任务，任务程序使用 MATLAB 编写并运行。如图 4，任务开始后先给被试呈现指导语和反应要求，告知被试想象自己作为空间语言交互中的表述者，面对的虚拟人物是接收空间信息的搭档，需要将每个实验试次所指定的目标物位置信息以一定的表述规则（“目标在我的/你的某个方向第几个”）传达给搭档。被试理解实验流程后按任意键开始实验，首先

会在屏幕中间靠上的位置呈现持续 2s 的注视点“+”，随后在注视点消失的位置呈现目标物的名称，同时给出第一人称视角的交互场景，要求被试依据当下的场景布局选择最佳的表述方式（空间参照系），并使用鼠标点击窗口下方的黄色词汇（“我的/你的”，如图 3a）进行参照系的选择，组织好语言后点击录音键，根据指导语所规定的言语规则进行表述并录音，录音完毕后点击结束键停止录音。紧接着，程序会自动播放一遍所录语音供被试检查，如果存在不清晰或说错等问题则可以点击录音键重新录音，直至确认无误后方可按空格键进入下一题。被试需要先完成 6 个练习试次以熟悉实验过程，之后完成 28 个正式试次。整个实验共需 40 分钟左右。

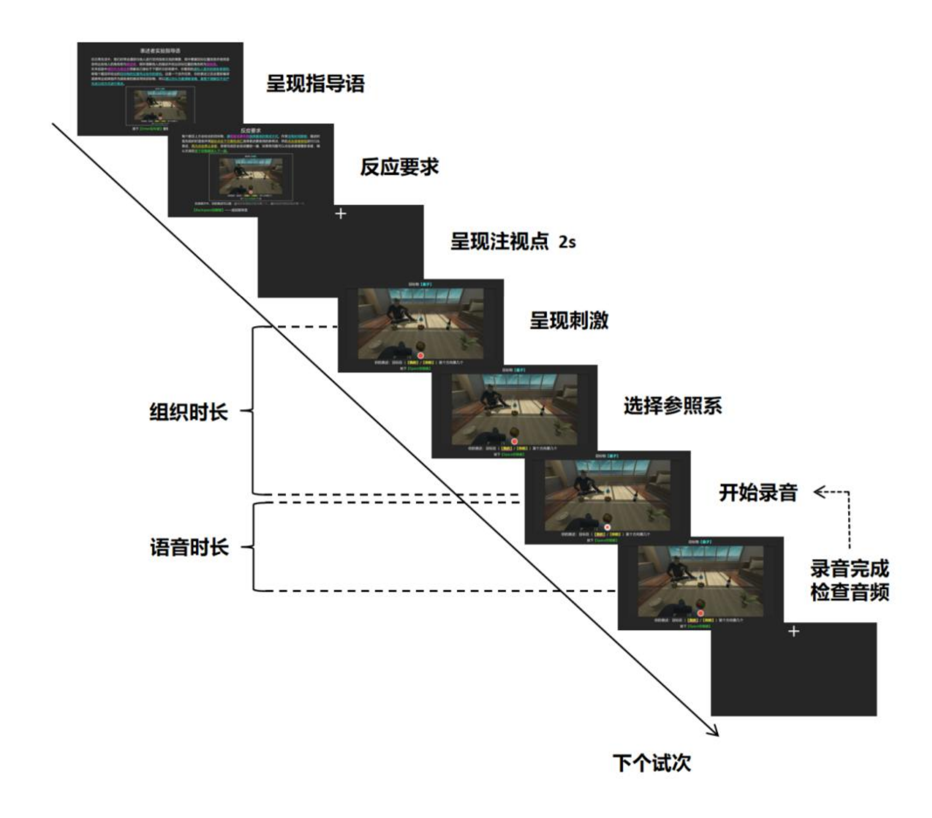


图 4 实验 1 流程图

2.1.5 结果与分析

由于自变量和因变量都同时包括离散和连续变量，且涉及重复测量的问题，所以选用了在处理重复测量数据、非正态分布数据以及数据自相关问题时具有优势的广义线性混合模型(Generalized linear mixed model, GLMM)(张久权等, 2021)，试图建立能够预测反应结果的拟合模型，以便于研究结果和结论在未来能够为人工智能预测和理解人的意图提供帮助。

首先，对数据进行预处理，将 53 名被试的测验原始分数和任务反应数据等录入 SPSS 进行分析，对客体视角测验得分(M = 166.031, SD = 7.324)进行标准化处理，作为衡量空间视角转

换能力的指标；镶嵌图形测验平均分(M = 17.151, SD = 4.702)以上为场独立型(占 58.5%)，以下为场依存型(占 41.5%)，对两种场认知风格被试的原始分进行独立样本 t 检验，$t(28.627) = 8.015$，$p < 0.001$（双尾），*Cohen's d* = 2.478，95% CI = [5.487, 9.250]，说明较好地区分了两种场认知风格的被试。

其次，参照系选择的结果为自我中心参照系占比 48.8%，他人参照系占比 51.2%。使用二元 logistic 回归进行逐步回归模型检验。为防止产生共线性问题，先将固定效应中的变量依次引入，再引入变量之间的交互项，引入和移除变量的显著性标准设定为 0.05。随机效应设为重复测量与个体空间参照系偏好（随机截距），由于实验随机效应之间都是相互独立的，故采用“已刻度的恒等式”设定协方差类型，结果如表 2。

表 2 第一人称视角下参照系选择的逐步回归模型摘要[3]

响应变量：参照系选择				显著性检验				效应量
模型[a]	准确率	AICC	BIC	*df1*	*df2*	*F*	*p*	R^2/偏 R^2
1	66.10%	6443.441	6454.033	3	1480	41.195	<0.001	0.077
一致性水平				3	1480	41.195	<0.001	0.077
2	66.00%	6451.314	6461.904	4	1479	32.432	<0.001	0.081
视角转换能力				1	1479	9.020	0.003	0.006
3	66.40%	6468.415	6478.999	8	1475	17.267	<0.001	0.086
一致性水平×场认知风格				4	1475	2.912	0.02	0.007
4[b]	78.30%	9520.626	9531.177	32	1451	8.976	<0.001	0.165
一致性水平×目标物体				24	1451	10.355	<0.001	0.143

a. 模型均包含截距项（下同）

b. 在引入交互项一致性×目标物体的同时移除了一致性水平，说明两者具有较强的共线性

步骤 1 发现一致性水平的主效应显著，将一致性水平设为哑变量，以水平 1 为参考进行回归系数检验，发现水平 2 的回归系数显著，$\beta = 1.342$，$t(1480) = 8.666$，$p < 0.001$，$OR = 3.828$，95% CI = [1.038, 1.646]；水平 3 的回归系数显著，$\beta = 0.482$，$t(1480) = 3.157$，$p = 0.002$，$OR =$

[3] 模型拟合度优劣指标有两个：一是信息标准(Information Criterion, IC)，包括对有限样本校正的赤池信息准则(Akaike Information Corrected Criterion, AICC)和贝叶斯信息准则(Bayesian Information Criterion, BIC)，常用于多个模型拟合度的比较，值越小越好；二是 logistic 回归模型所特有的预测准确率，准确率能最为直观的展示模型对观测数据的拟合度，以百分比表示。在效应量方面，使用 R^2 来报告模型 F 检验的效应量；使用偏 R^2 来报告固定效应 F 检验的效应量；使用 OR 值来报告 logistic 回归系数的效应量；使用 *Cohen's d* 来报告 t 检验的效应量。

1.619，95% CI = [0.182, 0.782]；水平 4 的回归系数显著，$\beta = 1.475$，$t(1480) = 9.430$，$p < 0.001$，$OR = 4.371$，95% CI = [1.168, 1.782]。说明线索一致性处于水平 2 时，被试选择他人参照系的倾向性是水平 1 的 3.828 倍，处于水平 3 时是水平 1 的 1.619 倍，处于水平 4 时是水平 1 的 4.371 倍。使用 Sidak 法进行两两比较发现，线索一致性处于水平 2 与水平 4 时被试参照系的选择倾向差异不显著，其他水平之间的差异均显著。处于水平 1、水平 3 时更易让被试产生选择自我中心参照系的倾向，处于水平 2、水平 4 时更易让被试产生选择他人中心参照系的倾向，$t(1480) = -9.328$（水平 1 与水平 2），*Cohen's d* = -0.685，95% CI = [-0.412, -0.234]，$t(1480) = -10.308$（水平 1 与水平 4），*Cohen's d* = -0.757，95% CI = [-0.443, -0.263]，$t(1480) = -5.901$（水平 3 与水平 2），*Cohen's d* = -0.433，95% CI = [-0.296, -0.125]，$t(1480) = -6.807$（水平 3 与水平 4），*Cohen's d* = -0.5，95% CI = [-0.329, -0.153]，$ps < 0.001$；处于水平 1 时比水平 3 更易让被试产生选择自我中心参照系的倾向，$t(1480) = -3.184$，*Cohen's d* = -0.234，$p = 0.003$，95% CI = [-0.191, -0.033]，如图 5。说明参照系受到空间线索的支持越多，被试越倾向于选择该参照系，多空间线索的支持效应存在，且布局线索比环境线索的支持效应更大。

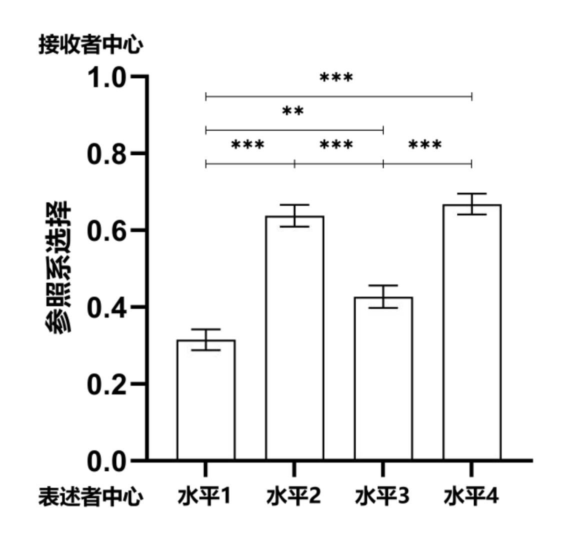


图 5 第一人称视角不同一致性水平下的参照系选择($M \pm SE$，误差线为标准误，$*p < 0.05$，$**p < 0.01$，$***p < 0.001$，下同)

步骤 2 发现空间视角转换能力的主效应显著，回归系数显著，$\beta = 0.217$，$t(1479) = 3.003$，$p = 0.003$，$OR = 1.242$，95% CI = [0.075, 0.359]，说明空间视角转换能力每提高 1 个标准差，被试选择他人中心参照系的倾向性就会提高 1.242 倍。

步骤 3 发现空间线索一致性与场认知风格的交互效应显著。将一致性水平设为哑变量，以场依存型为参考进行回归系数检验，发现线索一致性处于水平 1 时，场独立型的回归系数

显著，β = -0.585，$t(1475)$ = -2.377，p = 0.018，OR = 0.557，95% CI = [-1.068, -0.102]。说明在水平 1 时，与场依存型被试相比，场独立型被试选择他人参照系的倾向性是其 0.557 倍。使用 Sidak 法对两种场认知风格被试在不同线索一致水平下参照系选择倾向两两比较发现，场依存型被试在水平 1 条件下比水平 2、水平 4 更倾向于选择自我中心参照系，$t(1475)$ = -4.324（水平 1 与水平 2），*Cohen's d* = -0.241，95% CI = [-0.388, -0.094]，$t(1475)$ = -4.324（水平 1 与水平 4），*Cohen's d* = -0.241，95% CI = [-0.388, -0.094]，$ps < 0.001$；场独立型被试在水平 1、水平 3 条件下比水平 2、水平 4 更倾向于选择自我中心参照系，$t(1475)$ = -8.619（水平 1 与水平 2），*Cohen's d* = -0.827，95% CI = [-0.493, -0.266]，$t(1475)$ = -10.014（水平 1 与水平 4），*Cohen's d* = -0.961，95% CI = [-0.546, -0.318]，$t(1475)$ = -5.645（水平 3 与水平 2），*Cohen's d* = -0.542，95% CI = [-0.372, -0.151]，$t(1475)$ = -6.894（水平 3 与水平 4），*Cohen's d* = -0.662，95% CI = [-0.427, -0.200]，$ps < 0.001$；场独立型被试在水平 1 条件下比水平 3 更倾向于选择自我中心参照系，$t(1475)$ = -2.687，*Cohen's d* = -0.258，p = 0.015，95% CI = [-0.217, -0.020]，如图 6。再次使用 Sidak 法在四种一致性水平上对两种场认知风格被试的参照系选择进行差异检验，结果发现二者在水平 1 条件下的差异显著，$t(1475)$ = -2.361，*Cohen's d* = -0.249，p = 0.018，95% CI = [-0.233, -0.022]。说明空间线索一致性对场独立型被试的参照系选择影响更大。

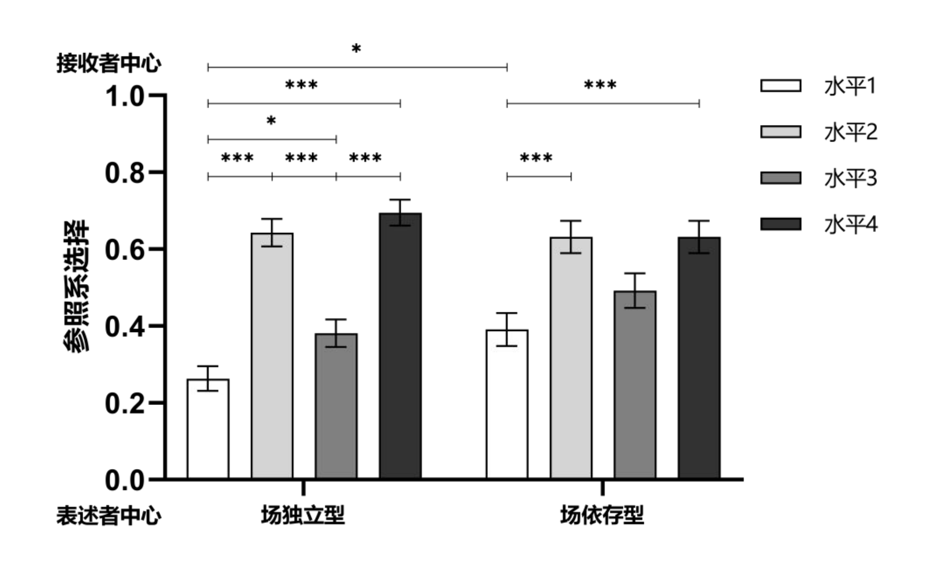


图 6 第一人称视角下两种场认知风格被试在不同一致性水平的参照系选择

步骤 4 发现空间线索一致性和目标物体的交互作用显著，说明目标物体所处观察视野中的空间位置对参照系选择具有显著影响，由于目标物空间位置只作为控制变量，因此不再分析。通过对比发现，模型 4 具有最高的准确率 78.3%（对选择自我中心参照系的预测率为 75.6%，

对选择他人中心参照系的预测率为 80.9%）且随机效应均显著，$Z = 26.433$（重复测量），$p < 0.001$，95% CI = [0.772, 0.896]，$Z = 3.093$（随机截距），$p = 0.002$，95% CI = [0.181, 0.644]，说明模型能较好地控制随机效应影响且较为准确地预测参照系选择。

然后，对被试组织时长($M = 6.444$s, $SD = 4.592$s)进行 K-S 检验，发现其数据形态不符合正态分布而是呈正偏态，$D(1484) = 0.173$，$p < 0.001$（双尾）。尝试使用伽马分布作为广义线性混合模型的分布假设，使用相应的对数函数作为连接函数，估计方法为稳健估计，随机效应设为重复测量和语言组织能力（随机截距），将固定效应中的变量依次引入，建立模型。结果如表 3。

表 3 第一人称视角下组织时长逐步回归模型摘要

响应变量：组织时长				显著性检验				效应量
模型	分布假设	AICC	BIC	*df1*	*df2*	*F*	*p*	R^2/偏 R^2
1	伽马分布[4]	2790.125	2800.716	3	1480	4.443	0.004	0.009
一致性水平				3	1480	4.443	0.004	0.009
2	伽马分布	2348.985	2359.569	9	1474	28.555	<0.001	0.148
目标物体				6	1474	33.077	<0.001	0.115
3	伽马分布	2372.561	2383.120	27	1456	16.360	<0.001	0.233
一致性水平×目标物体				18	1456	2.008	0.007	0.019
4[a]	正态分布	28726.941	28737.524	9	1474	16.273	<0.001	0.090

a. 模型 4 基于模型 2 的设计矩阵

步骤 1 发现一致性水平的主效应显著，将一致性水平设为哑变量，以水平 1 为参考进行回归系数检验，发现水平 2 的回归系数显著，$\beta = 0.085$，$t(1480) = 2.417$，$p = 0.016$，*Cohen's d* = 0.177，95% CI = [0.016, 0.154]；水平 3 的回归系数显著，$\beta = 0.110$，$t(1480) = 3.315$，$p = 0.001$，*Cohen's d* = 0.243，95% CI = [0.045, 0.175]。使用 Sidak 法进行两两比较发现，空间线索一致性处于水平 1 时组织时间最短，处于水平 3 时组织时间最长，二者差异显著，$t(1480) = -3.272$，$p = 0.007$，*Cohen's d* = -0.240，95% CI = [-1208.094, -130.404]，如图 7。说明被试处于高一致水平时比处于低一致水平时的表述效率更高。

[4] 对于正偏态数据尝试选用伽马分布假设建立模型，确定逐步回归的最优模型后，以此为基础使用正态分布假设建立对照模型，对比两者的信息标准找出最优分布假设。本研究中所有与时间有关的因变量数据都为正偏态分布，最终结果都是使用伽马分布假设构建广义线性混合模型更利于拟合数据，因此之后只在表格中列出对比结果，不再过多解释。

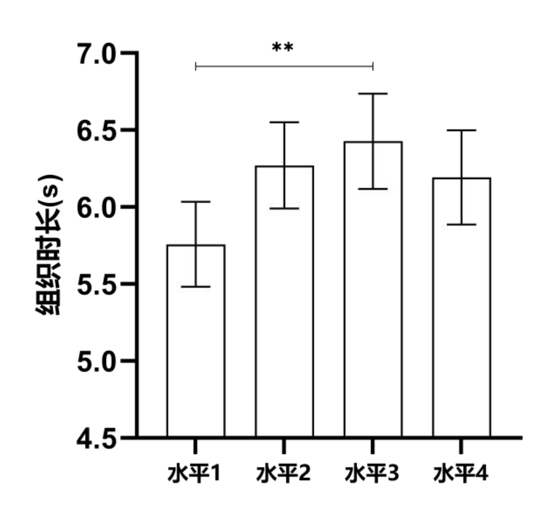


图 7 第一人称视角不同一致性水平下的组织时长

步骤 2 和步骤 3 发现控制变量目标物体的主效应显著，控制变量一致性水平和目标物体的交互作用显著，说明目标物体所处阵列中的相对位置以及目标物体所处观察视野中的空间位置能够影响表述者第一人称视角下空间语言的组织时长。对比拟合指标发现，逐步回归的模型 2 为最优模型，在模型 2 的基础上改用正态分布假设建立模型 4，对比两个模型的 AICC 和 BIC，发现模型 2 的拟合度远高于模型 4，且随机效应均显著，$Z = 26.665$（重复测量），95% CI = [0.238, 0.275]，$Z = 4.570$（随机截距），95% CI = [0.051, 0.121]，$ps < 0.001$，说明使用伽马分布假设建立的模型 2 能更好地拟合数据。

表 4 第一人称视角下语音时长逐步回归模型摘要

响应变量：语音时长				显著性检验				效应量
模型	分布假设	AICC	BIC	*df1*	*df2*	*F*	*p*	R^2/偏 R^2
1	伽马分布	-1121.069	-1110.482	6	1477	5.313	<0.001	0.021
目标物体				6	1477	5.313	<0.001	0.021
2	伽马分布	-1027.770	-1017.212	27	1456	3.733	<0.001	0.065
一致性水平×目标物体				21	1456	1.971	0.005	0.027
3	正态分布	22932.396	22942.955	27	1456	3.423	<0.001	0.060

最后，对被试语音时长($M = 3.654$s, $SD = 0.844$s)进行 K-S 检验，发现其数据形态不符合正态分布而是呈正偏态，$D(1484) = 0.094$，$p < 0.001$（双尾），故使用伽马分布作为广义线性混合模型的分布假设，随机效应设定为重复测量和语言表达能力（随机截距）。结果如表 4，固定效应中各个自变量的效应均不显著，只有两个控制变量的效应显著，说明目标物体所处阵列中的相对位置以及目标物体所处观察视野中的空间位置对语音时长存在显著影响。模型 2

为最优模型。

2.2 实验 2：第三人称视角下表述过程的影响机制

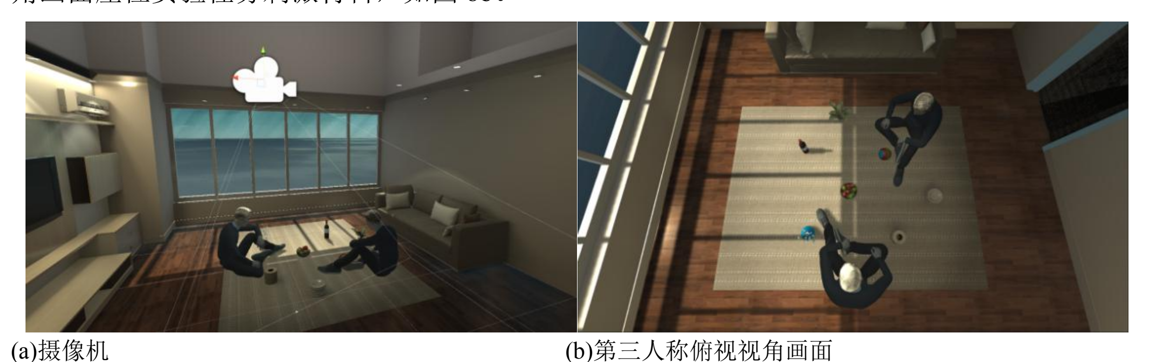
探讨第三人称俯视视角下空间线索一致性、视角转换能力和场认知风格对表述者参照系选择和表述效率的影响。

2.2.1 被试

通过与实验 1 相同的估算方式计算出被试量至少为 27 人。本实验共招募 48 名健康大学生被试，其中 1 名被试未能完成镶嵌图形测验；1 名被试在所有的试次上均反应“他人中心”，未遵守任务要求；1 名被试在实验过程中猜测实验者意图，存在霍桑效应。去除无效数据，最终有 45 名被试的数据纳入统计分析，其中女生 28 名，男生 17 名，年龄在 17 到 27 岁之间($M = 19.980$, $SD = 2.536$)，所有被试均为右利手，视力或矫正视力正常，此前均未参加过与本研究相关的其他实验。

2.2.2 实验仪器与材料

实验仪器等硬件、设计程序所用软件、纸笔测验均与实验 1 相同。由于实验 2 为第三人称俯视视角下空间信息的表述任务，所以对摄像机取景的设置有所不同。为了在第三人称俯视视角下展现完整且清晰的场景信息，且保证 16 : 9 的画面比例，将摄像机放置在人物上方的适宜高度，垂直视野设为 75°，水平视野设为 107.512°，摄像机的朝向与垂直方向成 15°（向人物正前方倾斜，Unity 中摄像机与垂直方向夹角参数设置为 15°，但软件中摄像机的图标并未旋转 15°，如图 8a）。摄像机在不同空间线索一致性水平下捕捉到的表述者第三人称视角画面座位实验任务刺激材料，如图 8b。

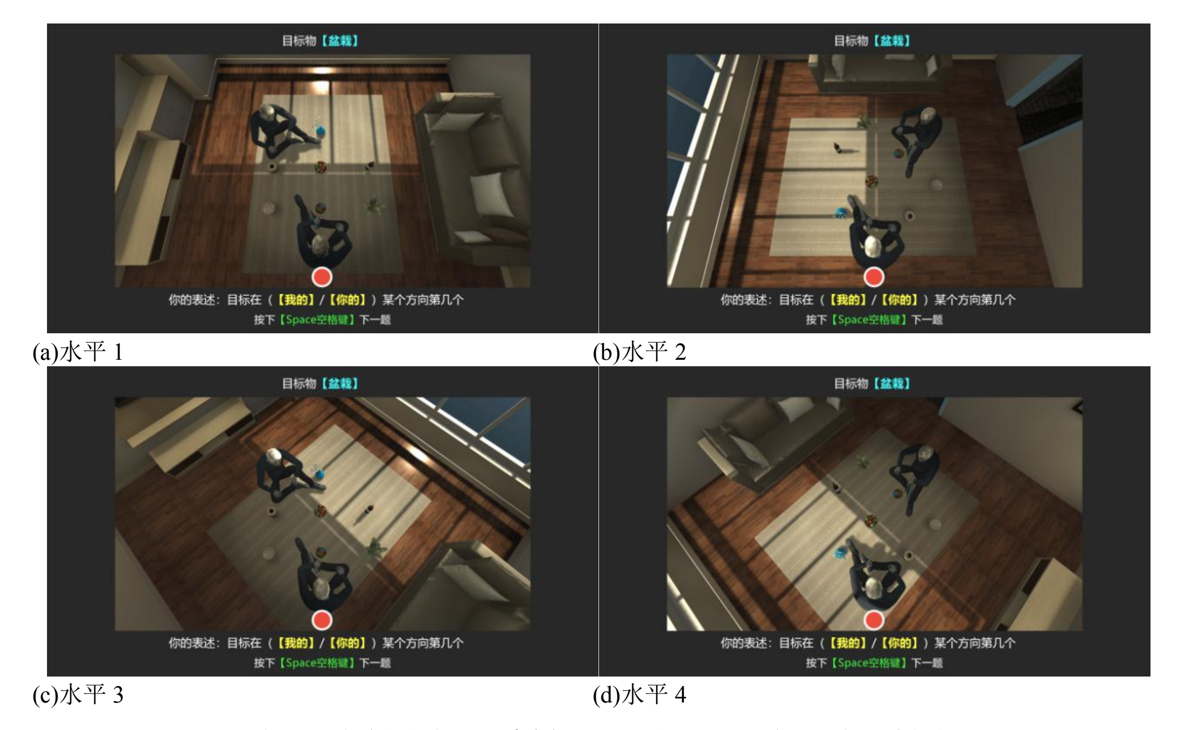


(a)摄像机 (b)第三人称俯视视角画面

图 8 第三人称俯视视角下通过构建虚拟场景来制作实验材料

2.2.3 实验设计

除了将观察视角变为第三人称俯视视角，其他部分均与实验 1 相同。4 种不同空间线索一致性水平下第三人称俯视视角的空间信息表述任务界面如图 9。



(a)水平 1 (b)水平 2 (c)水平 3 (d)水平 4

图 9　第三人称俯视视角下四种空间线索一致性水平对应的信息表述任务场景

2.2.4 实验程序

与实验 1 相同。

2.2.5 结果与分析

首先，按照与实验 1 相同方式，对 45 名被试的客体视角测验原始分数(M = 164.642, SD = 8.908)、镶嵌图形测验原始分数(M = 16.378, SD = 3.897)进行预处理。之后根据镶嵌图形测验的平均分将被试划分为场独立型（占 57.8%）和场依存型（占 42.2%）并对两种场认知风格被试的原始分进行独立样本 t 检验，$t(43) = 8.986$，$p < 0.001$（双尾），*Cohen's d* = 2.712，95% CI = [4.887, 7.716]，说明较好地区分了两种场认知风格的被试。

其次，参照系选择的结果为自我中心参照系占比为 55.3%，他人中心参照系占比 44.7%，使用与实验 1 相同的方法进行逐步回归模型检验，结果如表 5。

表 5 第三人称俯视视角下参照系选择的逐步回归模型摘要

响应变量：参照系选择				显著性检验				效应量
模型	准确率	AICC	BIC	$df1$	$df2$	F	p	R^2/偏 R^2
1	66.30%	5420.647	5430.909	3	1256	15.431	< 0.001	0.036
一致性水平				3	1256	15.431	< 0.001	0.036
2	76.70%	6421.393	6431.616	27	1232	8.293	< 0.001	0.154
一致性水平×目标物体				24	1232	8.800	< 0.001	0.145

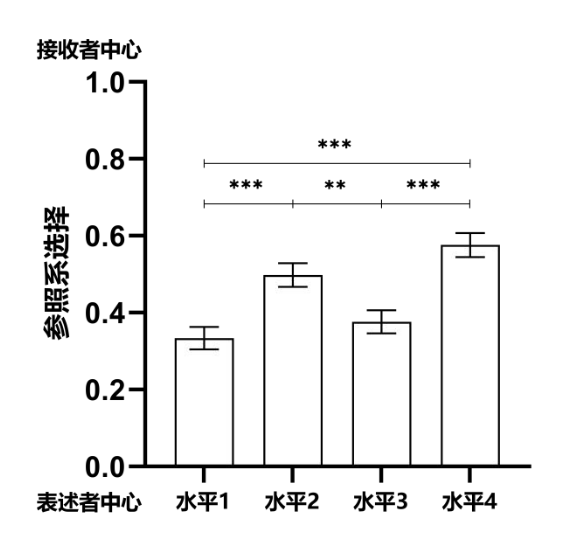


图 10 第三人称俯视视角不同一致性水平下被试参照系的选择

步骤 1 发现空间线索一致性水平的主效应显著，将一致性水平设为哑变量，以水平 1 作为参考进行回归系数检验，发现水平 2 的回归系数显著，$\beta = 0.682$，$t(1256) = 4.159$，$p < 0.001$，$OR = 1.977$，95% CI = [0.360, 1.003]；水平 4 的回归系数显著，$\beta = 0.993$，$t(1256) = 6.025$，$p < 0.001$，$OR = 2.699$，95% CI = [0.670, 1.316]。说明线索一致性处于水平 2 时，被试选择他人参照系的倾向性是水平 1 的 1.977 倍，处于水平 4 时是水平 1 的 2.699 倍。两两比较发现，在线索一致性处于水平 1、水平 3 时比水平 2、水平 4 更易让被试产生选择自我中心参照系的倾向，$t(1256) = -4.236$（水平 1 与水平 2），*Cohen's d* = -0.338，$p < 0.001$，95% CI = [-0.260, -0.067]，$t(1256) = -6.272$（水平 1 与水平 4），*Cohen's d* = -0.5，$p < 0.001$，95% CI = [-0.342, -0.140]，$t(1256) = -3.119$（水平 3 与水平 2），*Cohen's d* = -0.249，$p = 0.006$，95% CI = [-0.216, 0.029]，$t(1256) = -5.122$（水平 3 与水平 4），*Cohen's d* = -0.408，$p < 0.001$，95% CI = [-0.300, -0.099]，如图 10。说明第三人称俯视视角下，布局线索支持效应依然存在，但环境线索的支持效应较小或不存在。

步骤 2 发现空间线索一致性与目标物体的交互作用显著，说明目标物体所处观察视野中的空间位置能够影响参照系的选择。模型的固定效应中未发现共线性问题，对比两个模型后发现模型 2 具有更高的预测准确率 76.7%（对选择自我中心参照系的预测率为 82.1%，对选择他人中心参照系的预测率为 70.0%），且随机效应均显著，$Z = 24.342$（重复测量），$p < 0.001$，95% CI = [0.835, 0.981]，$Z = 2.891$（随机截距），$p = 0.004$，95% CI = [0.171, 0.663]，说明模型能较为准确地预测参照系选择。

表 6 第三人称俯视视角下组织时长的逐步回归模型摘要

响应变量：组织时长				显著性检验				效应量
模型	分布假设	AICC	BIC	*df1*	*df2*	*F*	*p*	R^2/偏 R^2
1	伽马分布	2225.355	2235.612	6	1253	31.230	<0.001	0.130
目标物体				6	1253	31.230	<0.001	0.130
2	伽马分布	2202.673	2212.896	27	1232	43.901	<0.001	0.490
一致性水平×目标物体				18	1232	3.19	<0.001	0.024
3	正态分布	25074.365	25084.588	27	1232	14.118	<0.001	0.236

然后，对组织时长(M = 7.721s, SD = 6.993s)进行 K-S 检验，发现其数据形态不符合正态分布而是呈正偏态，$D(1260) = 0.200$，$p < 0.001$（双尾），使用与实验 1 相同的方法进行逐步回归模型检验，结果如表 6。固定效应中未发现任何自变量的显著效应，只有两个控制变量的效应显著，说明目标物体所处阵列中的相对位置以及目标物体所处观察视野中的空间位置对组织时长存在显著影响。模型 2 为最优模型。

表 7 第三人称俯视视角下语音时长的逐步回归模型摘要

响应变量：语音时长				显著性检验				效应量
模型	分布假设	AICC	BIC	*df1*	*df2*	*F*	*p*	R^2/偏 R^2
1	伽马分布	-875.678	-865.421	6	1253	4.914	<0.001	0.023
目标物体				6	1253	4.914	<0.001	0.023
2	伽马分布	-785.863	-775.640	27	1232	8.608	<0.001	0.159
一致性水平×目标物体				21	1232	2.407	<0.001	0.035
3	正态分布	19518.222	19528.445	27	1232	8.727	<0.001	0.161

最后，对语音时长(M = 3.689s, SD = 0.878s)进行 K-S 检验，发现其数据形态不符合正态分布而是呈正偏态，$D(1260) = 0.104$，$p < 0.001$（双尾），使用与实验 1 相同的方式进行逐步回归模型检验。结果如表 7，固定效应中各个自变量的效应均不显著，只有两个控制变量的效应显著，说明目标物体所处阵列中的相对位置以及目标物体所处观察视野中的空间位置对语音时长存在显著影响。模型 2 为最优模型。

3 研究二：接收过程的影响机制

3.1 实验 3：第一人称视角下接收过程的影响机制

探讨第一人称视角下空间线索一致性、空间视角转换能力、场认知风格以及语句参照系对接收者理解效率的影响。

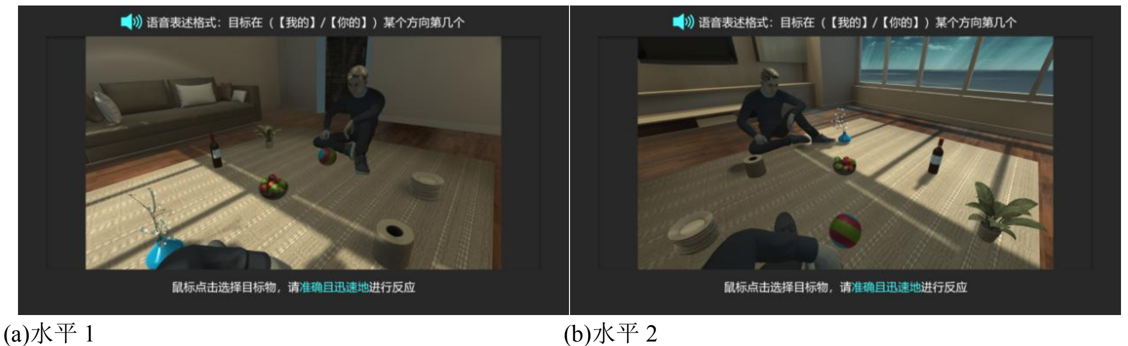
3.1.1 被试

通过与实验 1 相同估算方式计算出被试量至少为 30 人。本实验共招募 59 名健康大学生被试，其中有 1 名被试未能完成两项测验；1 名被试准确率仅为 0.44，远低于通过练习阶段的正确率要求；1 名被试重复招募，去除无效数据后，最终有 56 名被试的数据纳入统计分析，其中女生 37 名，男生 19 名，年龄在 17 到 25 岁之间(M = 19.161, SD = 1.724)，被试均为右利手，视力或矫正视力正常，此前均未参加过与本研究相关的其他实验。

3.1.2 实验器材与材料

实验仪器等硬件、设计程序所用软件、纸笔测验均与实验 1 相同。虚拟场景的构建与实验 1 相同，由于实验 3 需要被试完成在第一人称视角下接收信息的任务，所以在 4 个空间线索一致性水平下，将摄像机放置在接收者眼睛的位置，摄像机捕捉画面时设置的参数同实验 1 相同，捕捉到的画面截图为实验任务的刺激材料。

实验中被试作为接收者需要接收并根据空间信息寻找目标位置，表述者的语音通过布谷鸟配音软件 2.2 版本智能合成，使用“艾楠/广告男声”作为声源，音量设置为 8，语调和语速设置为默认水平，合成音频前后各加入 0.5 秒的空白时间，防止程序卡顿等原因造成部分声音信息丢失、音画不同步等问题。语音刺激材料中的语句包含原点、方位、距离三个元素，如“目标在我的右前方第一个”，均为 11 个字，音频格式为 mp3，采样率为 16000，时长为 2.055s。



(a)水平 1　　(b)水平 2

(e)水平 3　　(d)水平 4

图 11 第一人称俯视视角下 4 种空间线索一致性水平对应的信息接收任务场景

3.1.3 实验设计

实验 3 为四因素混合设计，比实验 1 多出 1 个变量，即语句参照系（模拟语音中“表述者”所选的语句参照系，被试内变量，共两个水平：表述者参照系和接收者参照系），其他 3 个自变量均与实验 1 相同。因变量为理解正确性（二分变量，被试理解表述语句后选择目标的正确率）和理解时长（连续变量，从每个试次的刺激呈现到被试做出选择的时长）。第一人称俯视视角下 4 种空间线索一致性水平对应的空间信息表述任务场景如图 11。

3.1.4 实验程序

被试率先进行两项纸笔测验，之后按纸笔测验的结果对被试进行分组，分组后开始在电脑上进行第一人称视角下空间信息的接收任务。如图 12，任务开始后先给被试呈现指导语和反应要求，告知被试想象自己作为空间信息传递中的接收者，面对的虚拟人物是被试的表述者搭档，被试需要理解表述语音并找出目标为阵列中的哪一个物体。被试理解实验流程后按任意键开始实验，首先会在任务窗口靠上的位置呈现一个 2s 的注视点“+”，随后会呈现场景刺激，同时播放一遍表述语音，被试需要根据语音中的空间信息尽可能准确和迅速地找出目标物，并使用鼠标点击对应物体进行反应。反应结束后进入下一任务试次，每一个试次限时 10s，如果被试没有在 10s 内做出反应，自动进入下一试次，并将被试本次反应记录为错误。被试需要先完成 8 个练习试次从而熟悉实验过程，练习任务的正确率需达到 60%以上才能进入正式实验，正式实验包含 56 个试次。整个实验共需 40 分钟左右。

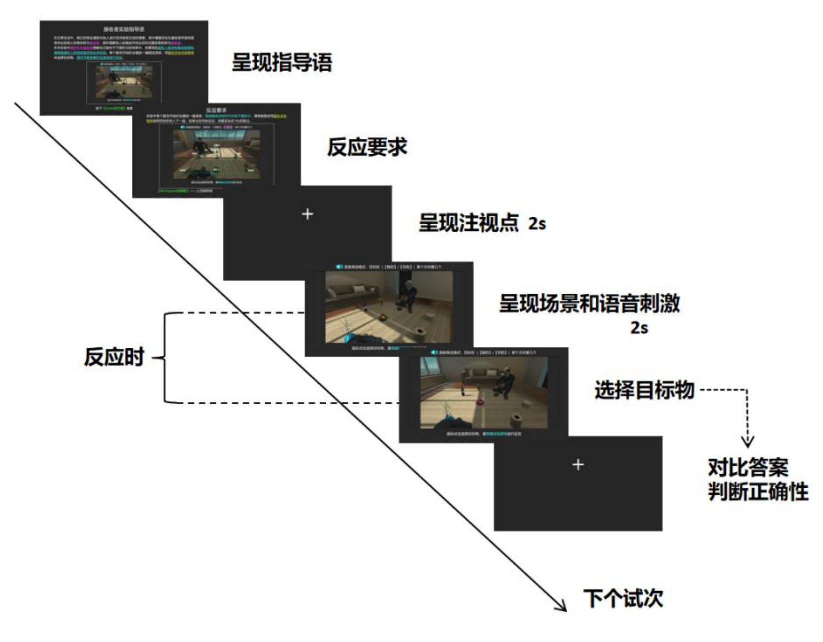


图 12 实验 3 流程图

3.1.5 结果与分析

首先，对 56 名被试的客体视角测验原始分数(M = 166.002, SD = 7.308)、镶嵌图形测验原始分数(M = 17.223, SD = 4.595)进行预处理，方式与实验 1 相同。之后根据镶嵌图形测验的平均分将被试划分为场独立型（占 58.9%）和场依存型（占 41.1%）并对两种场认知风格被试的原始分进行独立样本 t 检验，$t(29.653) = 7.947$，$p < 0.001$（双尾），*Cohen's d* = 2.410，95% CI = [5.297, 8.963]，说明较好地区分了两种场认知风格的被试。

其次，第一人称视角下接收者理解正确性的平均值为 84.2%，除变量不同之外，逐步回归模型检验的方式基本同实验 1，随机效应设为重复测量和个体语言理解能力（随机截距），结果如表 8。

表 8 第一人称视角下接收者理解正确性的逐步回归模型摘要

响应变量：理解正确性				显著性检验				效应量
模型	准确率	AICC	BIC	$df1$	$df2$	F	p	R^2/偏 R^2
1	84.20%	15984.495	15996.588	7	3128	27.005	<0.001	0.057
一致性水平×语句参照系				7	3128	27.005	<0.001	0.057
2	90.30%	19743.102	19755.190	13	3122	28.219	<0.001	0.105
目标物体				6	3122	43.339	<0.001	0.075

步骤 1 发现线索一致性水平与表述语句参照系的交互作用显著。使用 Sidak 法对两种参照系语句在不同一致性水平下的理解正确性进行两两比较，结果发现在任一语句参照系条件下，除了在水平 1 与水平 3、水平 2 与水平 4 的理解正确性没有显著差异，其他水平之间的差异均显著。当语句使用表述者参照系时，$t(3128) = 6.402$（水平 1 与水平 2），*Cohen's d* = 0.457，95% CI = [0.099, 0.232]，$t(3128) = 6.468$（水平 1 与水平 4），*Cohen's d* = 0.462，95% CI = [0.100, 0.237]，$t(3128) = -6.060$（水平 2 与水平 3），*Cohen's d* = -0.433，95% CI = [-0.218, -0.095]，$t(3128) = 6.129$（水平 3 与水平 4），*Cohen's d* = 0.438，95% CI = [0.094, 0.224]，$ps < 0.001$；当语句使用接受者参照系时，$t(3128) = -6.369$（水平 1 与水平 2），*Cohen's d* = -0.455，95% CI = [-0.216, -0.094]，$t(3128) = -6.282$（水平 1 与水平 4），*Cohen's d* = -0.449，95% CI = [-0.211, -0.095]，$t(3128) = 6.805$（水平 2 与水平 3），*Cohen's d* = 0.486，95% CI = [0.106, 0.240]，$t(3128) = -6.725$（水平 3 与水平 4），*Cohen's d* = -0.480，95% CI = [-0.236, -0.106]，$ps < 0.001$，如图 13。进一步在不同一致性水平下对两种参照系语句的理解正确性进行两两比较，结果发现在任一水平下，接收者对两种参照系语句的理解正确性都存在显著差异。相对于表述者参照系，$t(3128) = -5.651$（水平

1 时），*Cohen's d* = -0.404，95% CI = [-0.185, -0.090]，*t*(3128) = 7.048（水平 2 时），*Cohen's d* = 0.503，95% CI = [0.132, 0.234]，*t*(3128) = -5.780（水平 3 时），*Cohen's d* = -0.413，95% CI = [-0.196, -0.097]，*t*(3128) = 7.032（水平 4 时），*Cohen's d* = 0.502，95% CI = [0.133, 0.235]，*ps* < 0.001。说明接收过程中存在空间线索支持效应，在第一人称视角下表述语句的参照系受空间线索的支持越多，接收者越容易理解，且集中表现在布局线索的支持效应上，环境线索的支持效应较小或不存在。

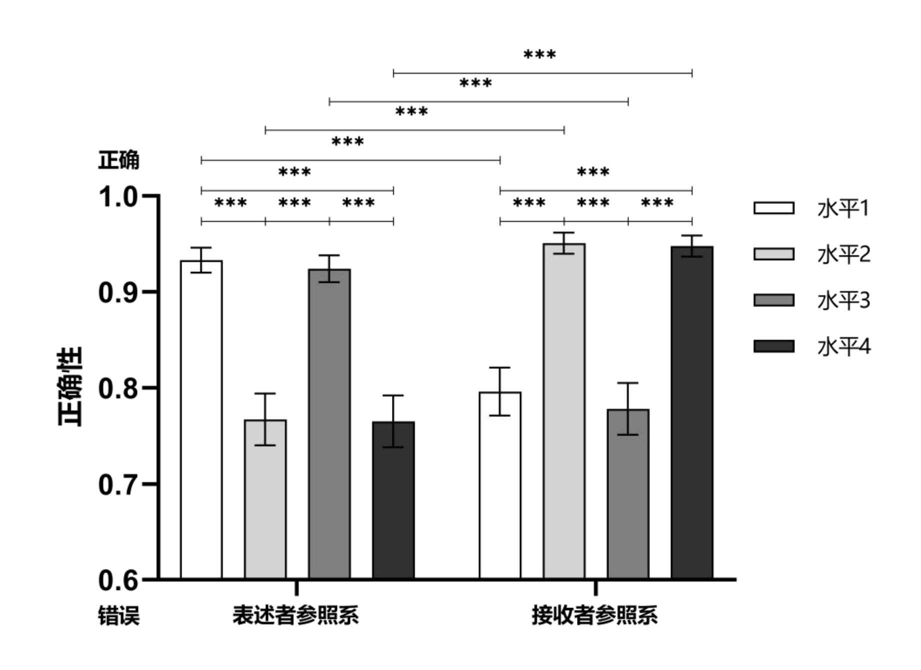


图 13 第一人称视角不同空间线索一致性水平下对两种参照系表述语句的理解正确性

步骤 2 发现固定效应中控制变量目标物体的主效应显著，说明目标物体所处阵列中的相对位置对理解正确性存在显著影响。模型 2 具有最高的预测准确率为 90.3%（对正确判断的预测准确率为 97.6%，对错误判断的预测准确率为 51.5%），随机效应均显著，*Z* = 39.105（重复测量），95% CI = [1.114, 1.231]，*Z* = 3.796（随机截距），95% CI = [0.523, 1.470]，*ps* < 0.001。

最后，对理解时长(*M* = 3.252s, *SD* = 1.331s)进行 K-S 检验，发现其数据形态不符合正态分布而呈现正偏态分布，*D*(3136) = 0.162，*p* < 0.001（双尾），使用实验 1 中与分析组织时长相同的方式进行逐步回归模型检验，随机效应包括重复测量和个体语言理解能力（随机截距）。结果如表 9，逐步回归进行了 5 步，其中模型 4 的拟合度最好，在模型 4 的基础上改用正态分布假设建立模型 6。

步骤 1 发现表述语句参照系的主效应显著，将其设置为哑变量，以表述者参照系作为参考进行回归系数检验，发现接收者参照系的回归系数显著，*β* = -0.117，*t*(3134) = -7.715，*p* <

0.001，*Cohen' s d* = -0.276，95% CI = [-0.146, -0.087]，如图 14。说明相比于使用表述者参照系，表述语句在使用接收者参照系时会更快速地被接收者理解。

表 9 第一人称视角下理解时长的逐步回归模型摘要

响应变量：理解时长				显著性检验				效应量
模型	分布假设	AICC	BIC	*df1*	*df2*	*F*	*p*	R^2/偏 R^2
1	伽马分布	2372.994	2385.090	1	3134	59.520	<0.001	0.019
语句参照系				1	3134	59.520	<0.001	0.019
2	伽马分布	2374.342	2386.438	2	3133	33.187	<0.001	0.021
视角转换能力				1	3133	6.991	0.008	0.002
3	伽马分布	2278.082	2290.174	8	3127	22.726	<0.001	0.055
一致性水平×语句参照系				6	3127	15.169	<0.001	0.028
4	伽马分布	1731.395	1743.483	14	3121	32.331	<0.001	0.127
目标物体				6	3121	61.998	<0.001	0.104
5	伽马分布	1756.055	1768.132	32	3103	27.149	<0.001	0.219
一致性水平×目标物体				18	3103	4.704	<0.001	0.021
6[a]	正态分布	52831.081	52843.169	14	3121	24.996	<0.001	0.101

a. 模型 6 基于模型 4 的设计矩阵

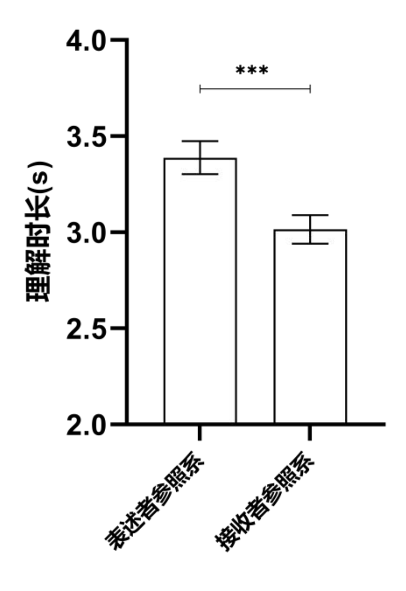


图 14 第一人称视角下对不同表述参照系语句的理解时长

步骤 2 发现空间视角转换能力的主效应显著。空间视角转换能力的回归系数显著，β = -0.056，$t(3133) = -2.644$，$p = 0.008$，*Cohen's d* = -0.067，95% CI = [-0.097, -0.014]，说明被试的空间视角转换能力每升高 1 个标准差，对语句理解的反应时缩短 56ms。

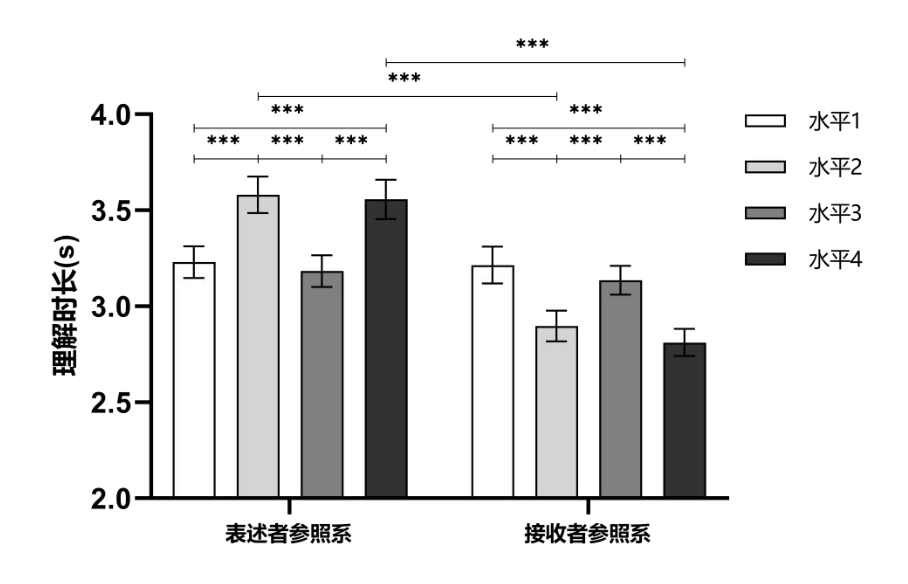


图 15 第一人称视角不同空间线索一致性水平下对两种参照系表述语句的理解时长

步骤 3 发现空间线索一致性水平与语句参照系的交互作用显著。使用 Sidak 法对两种参照系语句在不同一致性水平下的理解时长进行两两比较，结果发现任一语句参照系条件下，除了水平 1 与水平 3、水平 2 与水平 4 差异不显著，其其他水平之间的差异均显著，当语句使用表述者参照系时，$t(3127) = -5.034$（水平 1 与水平 2），*Cohen's d* = -0.360，95% CI = [-525.382, -177.443]，$t(3127) = -4.493$（水平 1 与水平 4），*Cohen's d* = -0.321，95% CI = [-501.268, 153.246]，$t(3127) = 5.332$（水平 2 与水平 3），*Cohen's d* = 0.381，95% CI = [201.522, 594.635]，$t(3127) = -5.251$（水平 3 与水平 4），*Cohen's d* = -0.375，95% CI = [-556.958, -190.888]，$ps < 0.001$；当语句使用接受者参照系时，$t(3127) = 4.605$（水平 1 与水平 2），*Cohen's d* = 0.329，95% CI = [145.303, 488.164]，$t(3127) = 5.707$（水平 1 与水平 4），*Cohen's d* = 0.408，95% CI = [217.139, 589.043]，$t(3127) = -4.036$（水平 2 与水平 3），*Cohen's d* = -0.288，95% CI = [-379.009, -97.135]，$t(3127) = 5.702$（水平 3 与水平 4），*Cohen's d* = 0.407，95% CI = [175.209, 473.650]，$ps < 0.001$，如图 15。进一步在不同一致性水平下对两种参照系语句的理解时长进行两两比较，结果发现在水平 2 和水平 4 时，理解时长存在显著差异。相对于表述者参照系，$t(3127) = -9.439$（水平 2 时），*Cohen's d* = -0.674，95% CI = [-825.379, -541.456]，$t(3127) = -9.339$（水平 4 时），*Cohen's d* = -0.667，95% CI = [-902.168, -589.069]，$ps < 0.001$。说明在第一人称视角下语句参照系所受

空间线索的支持越多，理解语句所需的时间越短，且主要体现在布局线索的支持效应上，环境线索的支持效应较小或不存在。

步骤 4 和步骤 5 在固定效应中逐步引入了控制变量目标物体的主效应项以及线索一致性与目标物体的交互项，说明目标物体所处空间位置能够影响接收者的理解时长。之后通过对比模型 4、模型 5 以及模型 6，发现模型 4 的 AICC 和 BIC 值最小，且随机效应均显著，$Z = 39.160$（重复测量），95% CI = [0.090, 0.099]，$Z = 4.888$（随机截距），95% CI = [0.018, 0.040]，$ps < 0.001$，说明模型 4 为最优模型。

3.2 实验 4：第三人称视角下接收过程的影响机制

探讨第三人称俯视视角下，空间线索一致性、空间视角转换能力、场认知风格和语句参照系对接收者理解效率的影响。

3.2.1 被试

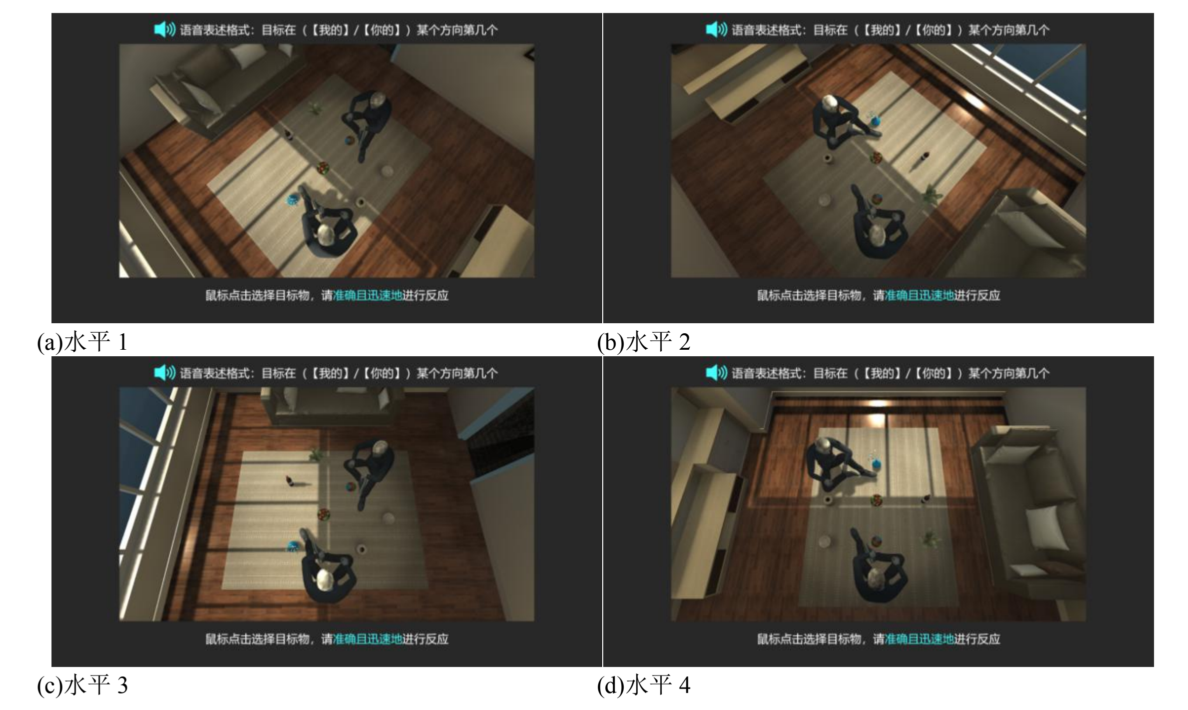
通过与实验 1 相同估算方式计算出被试量至少为 30 人。本实验共招募 48 名健康大学生被试，其中有 2 名被试未能完成实验任务；1 名被试在多次指导后仍无法掌握言语规则；1 名被试的反应准确率为 0.37，远低于练习阶段正确率的要求，去除无效数据后，最终有 44 名被试的数据纳入统计分析，其中女生 26 名，男生 18 名，年龄在 17 到 27 岁之间($M = 20.020$, $SD = 2.628$)，被试均为右利手，视力或矫正视力正常，此前均未参加过与本研究相关的其他实验。

3.2.2 实验器材与材料

实验仪器等硬件、设计程序所用软件、纸笔测验均与实验 1 相同。虚拟场景的构建与实验 1 相同，由于实验 4 需要被试完成在第三人称俯视视角下接收信息的任务，所以在 4 个空间线索一致性水平下，将摄像机放置在接收者上方适宜高度，摄像机捕捉画面时设置的参数同实验 2 相同，捕捉到的画面截图为实验任务的刺激材料。

3.2.3 实验设计

除了将观察视角变为第三人称俯视视角，其他部分均与实验 3 相同。第三人称俯视视角下 4 种空间线索一致性水平对应的空间信息表述任务场景如图 16。



(a)水平 1　(b)水平 2

(c)水平 3　(d)水平 4

图 16 第三人称俯视视角下 4 种空间线索一致性水平对应的空间信息表述任务场景

3.2.4 实验程序

实验流程同实验 3。

3.2.5 结果与分析

首先，对 44 名被试的客体视角测验原始分数($M = 164.835$, $SD = 8.509$)、镶嵌图形测验原始分数($M = 16.352$, $SD = 3.899$)进行预处理，方式与实验 1 相同。之后根据镶嵌图形测验的平均分将被试划分为场独立型（占 59.1%）和场依存型（占 40.9%）并对两种场认知风格被试的原始分进行独立样本 t 检验，$t(42) = 8.873$，$p < 0.001$（双尾），*Cohen's d* = 2.721，95% CI = [4.891, 7.771]，说明较好地区分了两种场认知风格的被试。

其次，第三人称俯视视角下接收者理解正确性的平均值为 82.2%，逐步回归检验方式同实验 3，结果如表 10。

表 10 第三人称俯视视角下理解正确性的逐步回归模型

响应变量：理解正确性				显著性检验				效应量
模型	准确率	AICC	BIC	$df1$	$df2$	F	p	R^2/偏 R^2
1	82.40%	12447.768	12459.375	7	2456	10.384	<0.001	0.029
一致性水平×语句参照系				7	2456	10.384	<0.001	0.029
2	87.50%	14904.657	14916.260	13	2450	19.165	<0.001	0.092
目标物体				6	2450	35.208	<0.001	0.078

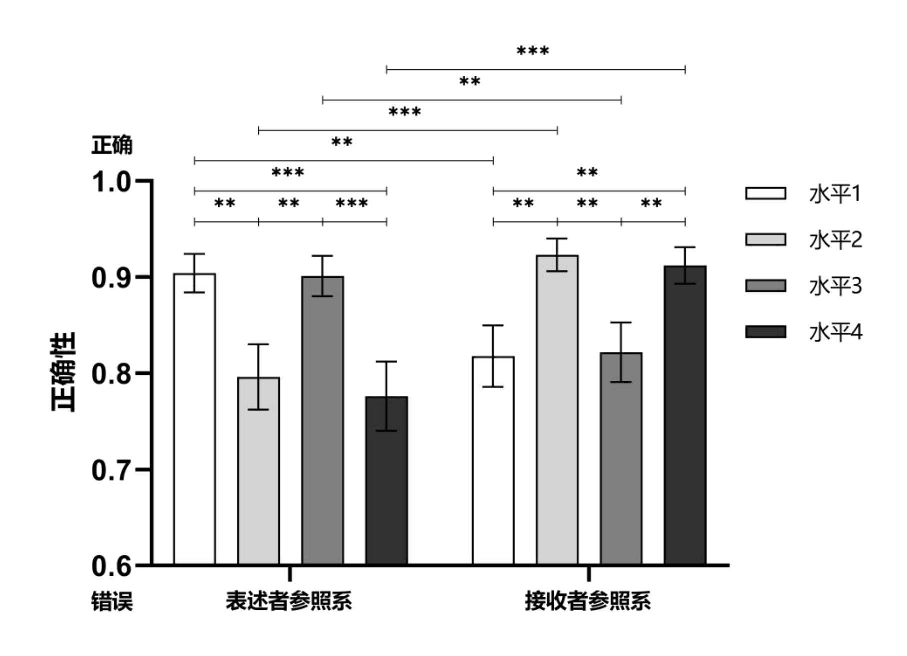


图 17 第三人称俯视视角不同空间线索一致性水平下对两种参照系表述语句的理解正确性

步骤 1 发现空间线索一致性与语句参照系的交互作用显著。使用 Sidak 法对两种表述参照系条件下不同一致性水平语句的理解正确性进行两两比较，发现任一语句参照系条件下，除了水平 1 与水平 3、水平 2 与水平 4 之间的差异不显著，其他水平之间的差异均显著，当语句使用表述者参照系时，$t(2456) = 3.750$（水平 1 与水平 2），*Cohen's d* = 0.302，$p = 0.001$，95% CI = [0.036, 0.180]，$t(2456) = 4.209$（水平 1 与水平 4），*Cohen's d* = 0.339，$p < 0.001$，95% CI = [0.048, 0.208]，$t(2456) = -3.659$（水平 2 与水平 3），*Cohen's d* = -0.295，$p = 0.001$，95% CI = [-0.174, -0.037]，$t(2456) = 4.126$（水平 3 与水平 4），*Cohen's d* = 0.332，$p < 0.001$，95% CI = [0.047, 0.203]；当语句使用接受者参照系时，$t(2456) = -3.837$（水平 1 与水平 2），*Cohen's d* = -0.309，$p = 0.001$，95% CI = [-0.176, -0.033]，$t(2456) = -3.465$（水平 1 与水平 4），*Cohen's d* = -0.279，$p = 0.002$，95% CI = [-0.161, -0.026]，$t(2456) = 3.761$（水平 2 与水平 3），*Cohen's d* = 0.303，$p = 0.001$，95% CI = [0.032, 0.171]，$t(2456) = -3.382$（水平 3 与水平 4），*Cohen's d* = -0.273，$p = 0.002$，95% CI = [-0.155, -0.027]，如图 17。进一步在不同一致性水平下对两种表述参照系语句的理解正确性进行差异检验，发现在任一水平下，接收者对两种参照系语句的理解正确性存在显著差异。相对于表述者参照系，$t(2456) = -3.170$（水平 1 时），*Cohen's d* = -0.255，$p = 0.002$，95% CI = [-0.139, -0.033]，$t(2456) = 4.345$（水平 2 时），*Cohen's d* = 0.350，$p < 0.001$，95% CI = [0.070, 0.184]，$t(2456) = -2.980$（水平 3 时），*Cohen's d* = -0.240，$p = 0.003$，95% CI = [-0.132, -0.027]，$t(2456) = 4.450$（水平 4 时），*Cohen's d* = 0.359，$p < 0.001$，95% CI = [0.076, 0.196]。说明第三

人称俯视视角下，语句参照系所受空间线索的支持越多越容易理解，且主要体现为布局线索的支持效应，环境线索的支持效应较小或不存在。

步骤 2 发现控制变量目标物体的主效应显著，说明目标物体所处阵列中的相对位置能够影响第三人称俯视视角下接收者的理解正确性。模型 2 具有最高的准确率为 87.5%（对正确判断的预测准确率为 96.2%，对错误判断的预测准确率为 47.3%），且随机效应均显著，Z = 34.649（重复测量），95% CI = [1.101, 1.233]，Z = 3.706（随机截距），95% CI = [0.884, 2.545]，ps < 0.001。

最后，对理解时长(M = 3.053s, SD = 1.120s)的数据进行 K-S 检验，发现其数据不符合正态分布而呈正偏态分布，D(2464) = 0.155，p < 0.001（双尾），选用与实验 3 相同的方式进行逐步回归检验，结果如表 11。

表 11 第三人称俯视视角下理解时长逐步回归模型摘要

响应变量：理解时长				显著性检验				效应量
模型	分布假设	AICC	BIC	*df1*	*df2*	*F*	*p*	R^2/偏 R^2
1	伽马分布	1357.947	1369.560	1	2462	77.731	<0.001	0.031
语句参照系				1	2462	77.731	<0.001	0.031
2	伽马分布	1315.502	1327.110	7	2456	15.973	<0.001	0.044
一致性水平×语句参照系				6	2456	8.976	<0.001	0.021
3	伽马分布	802.603	814.206	13	2450	20.427	<0.001	0.098
目标物体				6	2450	35.596	<0.001	0.079
4	伽马分布	832.064	843.652	31	2432	21.991	<0.001	0.219
一致性水平×目标物体				18	2432	5.609	<0.001	0.032
5[a]	正态分布	40639.019	40650.622	13	2450	13.705	<0.001	0.068

a. 模型 5 基于模型 3 的设计矩阵

步骤 1 发现语句参照系的主效应显著。将语句参照系设置为哑变量，以表述者参照系为参考进行回归系数检验，发现接收者参照系的回归系数显著，β = -0.106，t(2462) = -8.816，p < 0.001，*Cohen’s d* = -0.355，95% CI = [-0.130, -0.083]，说明当表述语句使用接收者参照系时接收者的理解时长更短，如图 18。

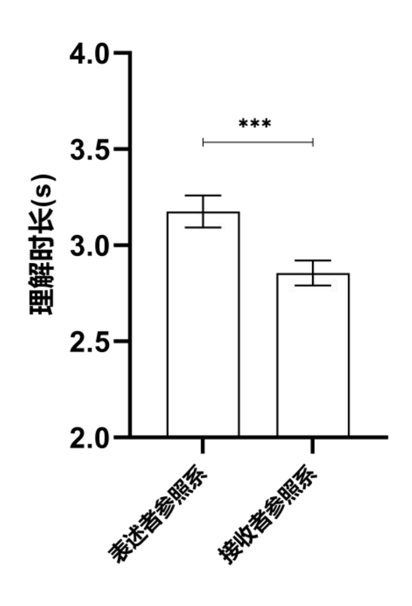


图 18 第三人称俯视视角下不同参照系表述语句的理解时长

步骤 2 发现空间线索一致性与语句参照系的交互作用显著。使用 Sidak 法对两种参照系语句在不同一致性水平下的理解时长进行两两比较，结果发现，除了水平 1 与水平 3、水平 2 与水平 4 之间的差异不显著，其他水平之间的差异均显著，当语句使用表述者参照系时，$t(2456) = -4.833$（水平 1 与水平 2），*Cohen's d* = -0.389，$p < 0.001$，95% CI = [-381.151, -112.285]，$t(2456) = -3.796$（水平 1 与水平 4），*Cohen's d* = -0.306，$p = 0.001$，95% CI = [-397.074, -76.414]，$t(2456) = 3.375$（水平 2 与水平 3），*Cohen's d* = 0.272，$p = 0.003$，95% CI = [56.339, 374.798]，$t(2456) = -2.862$（水平 3 与水平 4），*Cohen's d* = -0.231，$p = 0.013$，95% CI = [-377.256, -33.933]；当语句使用接受者参照系时，$t(2456) = 4.765$（水平 1 与水平 2），*Cohen's d* = 0.384，$p < 0.001$，95% CI = [127.312, 441.834]，$t(2456) = 3.847$（水平 1 与水平 4），*Cohen's d* = 0.310，$p = 0.001$，95% CI = [84.437, 422.997]，$t(2456) = -3.706$（水平 2 与水平 3），*Cohen's d* = -0.299，$p = 0.001$，95% CI = [-459.550, -99.262]，$t(2456) = 3.850$（水平 3 与水平 4），*Cohen's d* = 0.310，$p = 0.001$，95% CI = [82.588, 414.512]，如图 19。进一步在不同一致性水平下对两种参照系语句的理解时长进行两两比较，结果发现在水平 2 和水平 4 时，理解时长存在显著差异。相对于表述者参照系，$t(2456) = -7.635$（水平 2 时），*Cohen's d* = -0.615，95% CI = [-737.203, -435.915]，$t(2456) = -7.588$（水平 4 时），*Cohen's d* = -0.611，95% CI = [-686.763, -404.695]，$ps < 0.001$。说明布局线索对接收者参照系的支持效应在一定程度上抵消掉了语句参照系与视角冲突导致的理解困难。

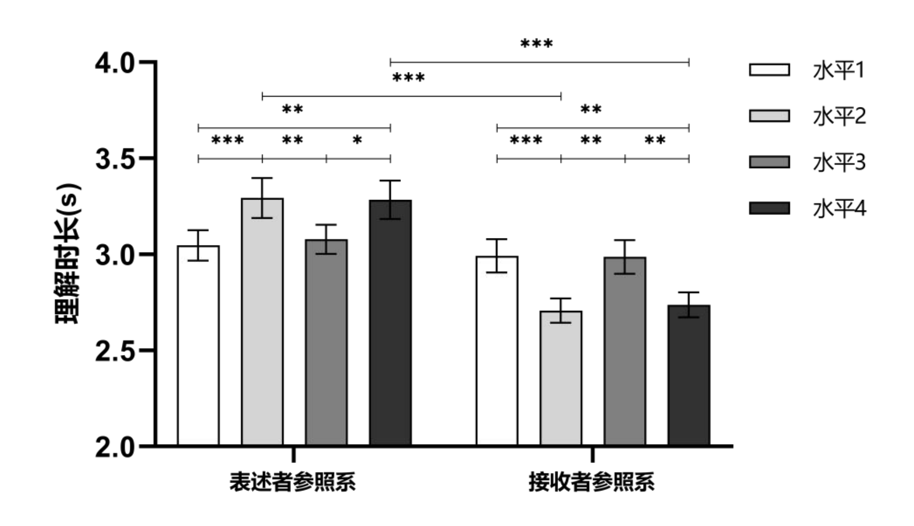


图 19 第三人称俯视视角不同空间线索一致性水平下对两种参照系表述语句的理解时长

步骤 3 和步骤 4 发现两个控制变量的效应显著，说明目标物体所处空间位置对理解时长存在显著影响。模型 3 对数据的拟合度最优，随机效应均显著，$Z = 34.691$（重复测量），95% CI = [0.071, 0.079]，$Z = 4.374$（随机截距），95% CI = [0.014, 0.035]，$ps < 0.001$。

4 讨论

4.1 空间线索的支持效应

本研究发现当某个参照系受多个空间线索支持时，表述者会倾向于使用该参照系进行表述且表述效率更高，接收者对相应语句的理解效率更高，与假设一致。具体来讲，在表述过程中，当布局线索、环境线索与表述者参照系一致时，表述者更倾向于使用自我中心参照系；与接收者参照系一致时，则更倾向于使用他人中心参照系。而且，两种高一致性水平条件下的组织时长相比于低一致性水平，出现了显著缩短或缩短的趋势。也就是说，在“既快速又准确”的合作任务要求下，表述者会认为使用多空间线索所支持的参照系进行表述最利于接受者搭档的理解，是最小化合作双方努力的最佳方案。而本研究在表述和接收效率方面的研究结果也证实了这一点，这与 Galati 和 Avraamides(2015)的研究发现相一致，也符合“最小合作负荷原则”。所以，本研究认为以高一致性的空间线索作为表述参照系的选择标准是接收者和表述者在空间语言交互过程中实现“最小合作负荷原则”的默认交互策略。这是因为低一致性水平比高一致水平条件下各类空间线索之间存在更多冲突，而比起加工彼此冲突的空间信息，人们更擅长加工彼此相容的空间信息(Enticoot et al., 2006)。

本研究首次对比了布局线索与环境线索的权重，发现二者冲突时前者的支持效应占主导

地位，即表述者更倾向于选择布局线索支持的参照系，接收者更容易理解相应的语句。原因有两个，一方面，客体的空间近邻性会引发知觉优先性。根据拓扑性质知觉理论，近邻性的组织会触发知觉系统抽提空间拓扑性的功能(Chen, 1982, 2005; 陈霖, 1984)，因此目标和阵列中其他物体因相邻性、排列规律性等产生的空间拓扑性给目标与阵列赋予了特殊且稳定的空间关系，这是目标与环境线索之间不具备的。例如，教室内第一排的桌椅，桌椅与第一排之间既存在归属关系，也存在与布局相关的拓扑性空间关系，而桌椅与教室只存在归属关系。另一方面，表述者组织空间语言之前需要生成对参照系的表征，阵列内物体的近邻性有利于表述者借助目标所在阵列的内在轴表征空间坐标系，排列的规律性有利于表征坐标系刻度，从而对物体空间位置进行更为准确的描述，但环境线索没有这种优势。例如，军训方队内的学生能根据彼此的间隔描述自己位于第几排第几列，但很难准确描述自己具体位于操场的哪个位置。布局线索对接收过程的重要性则显而易见，因为与表述过程中自下而上的加工不同，接收过程是根据已知空间语言自上而下进行目标搜索和信息匹配的过程，布局线索支持的语句参照系能够引导接收者更快建立刻度明确的空间参照系，降低目标搜索和信息匹配所需的认知努力，提高理解效率。

4.2 空间视角转换能力与表述语句参照系对空间语言交互的影响

本研究发现高空间视角转换能力的表述者倾向于选择他人中心参照系，高能力接收者能更快地理解空间语言。这是因为高能力表述者能更快地完成空间视角转换的心理过程，更准确地表征接收者视角的空间信息，且不会因此承担太大的认知负荷(张琪, 2017)。另外，“最小合作负荷原则”的基础是表述者与接收者会对彼此在空间语言交互中的认知努力、空间线索等做出评价与反馈(Clark & Wikes-Gibbs, 1986; Clark, 1996)。所以，为提高交互效率，高能力表述者通常会以主动承担的方式帮助接收者规避空间视角转换所需的认知努力。其次，当表述者没有使用接收者参照系时，接收者就需要通过空间视角转换理解空间信息，而高能力者就具备着理解优势。此外，当使用接收者参照系表述空间信息时，就代表接收过程不再需要额外的空间视角转换，理解效率更高，本文对接收过程的研究结果印证了这一点。说明使用接收者参照系表述空间信息能够帮助接收者降低认知负荷，提高理解效率(Galati & Avraamides, 2013; 马奔川, 2021)。

4.3 场认知风格对空间语言交互的影响

本研究发现，相比场依存型，场独立型表述者以第一人称视角选择参照系时更易受空间

线索一致性影响，这可能是两类表述者从场景信息中提取空间线索的能力差异造成的。以往研究发现，场独立型比场依存型个体更容易摆脱知觉场的信息干扰和整体性结构的制约，拥有分离空间特征和提取空间线索的优势，在相应空间认知任务中花费时间更短(游旭群, 于立身, 2000; Davis & Cochran, 1989; Davis, 1991)。而空间线索发挥作用的前提是表述者拥有提取和加工它的能力，所以场独立型表述者更易提取空间线索的变化并受其影响，而场依存型表述者不具备这种优势，故而不易受空间线索一致性变化的影响。不过，本研究没有发现两种场认知风格表述者在第一人称视角下的表述效率存在差异，与研究假设不符。这是因为虽然场独立型表述者更易捕捉空间线索，但也代表着他们更易发现空间线索不一致带来的矛盾，使其在表述过程中产生更多心理冲突，导致表述效率降低。此外，也没有发现场认知风格对理解效率的影响，可能因为接收过程以自上而下的加工方式为主，接收者只需按照表述语句中空间信息的指导寻找目标，对提取空间线索的能力要求不高。

4.4 观察视角改变对空间语言交互的影响

研究发现，相比第一人称视角，第三人称俯视视角下空间线索支持效应、空间视角转换能力的影响以及场认知风格与空间线索之间的交互效应均会减弱或消失。在空间线索支持效应方面，第一人称视角的表述过程中存在环境线索支持效应，而在第三人称视角下不存在；通过对比代表布局线索支持效应大小的效应量发现[5]，相比于第一人称视角，第三人称视角下布局线索的支持效应出现部分减弱。这是由于第三人称俯视视角下，获取场景的整体信息较为容易(Taylor & Tversky, 1992)，导致情境的带入感减弱，从而削弱空间线索的影响。在空间视角转换能力的影响方面，第三人称视角能为交互双方提供与对方视角有关的信息补偿，降低空间视角转换的难度。高能力表述者不需再主动承担认知负荷，能力高低对接收者理解效率的影响也很难体现。在场认知风格与空间线索支持的交互效应方面，在第一人称视角下场独立型表述者选择参照系时比场依存型表述者更易受到空间线索的影响，但在第三人称视角下则没有差异，这是因为第三人称视角易化了空间线索的提取后，提高了场依存型表述者发现和利用空间线索的概率。

另外，描述性统计结果显示第三人称俯视视角($M = 7.721$s, $SD = 6.993$s)比第一人称视角($M = 6.444$s, $SD = 4.592$s)的表述者平均语言组织时间更长，与研究假设不符。一方面，因为空间

[5] 除了第三人称俯视视角下在理解时长（水平 1 与水平 2）方面的布局线索支持效应略大于第一人称视角(表述者参照系：$|Cohen's\ d = 0.389| > |Cohen's\ d = 0.360|$；接收者参照系：$|Cohen's\ d = 0.384| > |Cohen's\ d = 0.329|$)，在参照系选择、理解准确性、理解时长（水平 3 与水平 4）方面均远小于第一人称视角。

线索易显后，空间线索的彼此冲突会变得更加明显，导致两种场认知风格的表述者在选择参照系时都会面临双重心理冲突，即多空间线索冲突让表述者难以选择根据哪种空间线索确定参照系，以及在空间线索提取难度降低时面临是否应该承担更多认知负荷的心理冲突，进而导致空间言语组织时间变长。另一方面，由于场认知风格的差异主要体现在个体对信息、经验进行提取和加工的过程中(游旭群, 2017)，因此在第三人称俯视视角下，场依存型表述者即使能够获取空间线索，也会因缺乏对空间线索的组织和加工经验，从而可能需要更多时间对空间线索进行心理表征。

此外，本研究没有发现视角因素能够对表述语句参照系与理解效率的关系产生影响。说明语句参照系对理解效率影响的优先级高于视角因素，无论接收者处于何种视角，使用接收者参照系传达空间信息都能让接收者不再额外进行空间视角转换，能有效提高理解效率。

综上，在与空间合作任务相关的工作中，应尽量提供可获取第三人称俯视视角工作场景的硬件设施，以充分发挥视角因素在空间语言交互过程中的优势。而且，人工智能应遵循“以人为中心”的开发原则(周吉帆等, 2016; Lemaignan et al., 2017)，在涉及空间合作任务的人机交互中，应当发挥机器的算力优势，在表述过程中主动承担更多空间视角转换的过程，从人的视角出发寻找最恰当的空间线索和语言表述方式，减轻人的认知负荷。在接收过程中，机器也应当熟悉不同场认知风格人的思维特点并根据空间线索特征判断不同风格个体特有的表述方式，从而提高人机合作的效率。

5 不足与思考

本研究仍存在一些不足。一方面，为探讨多线索之间的相互影响，实验设计较为复杂，导致个别交互作用不易解释。此外，目标物体的空间位置对所有因变量存在显著影响，但由于此变量存在多种尺度，例如目标与观察者之间的距离和角度、目标位于阵列中心或边缘等，导致我们在探索多线索影响机制的同时很难再对其进行操纵，只能将其视为额外变量引入固定效应中加以控制，无法得出与之相关的严谨结论。因此，未来可以将目标物体空间位置的某种尺度作为核心变量。另一方面，尽管对表述和接收过程进行了对称研究，但整体上仍缺乏互动和反馈，导致实验任务与真实场景存在差异，且只模拟了小尺度场景，研究结论可能难以应用到大尺度场景中。因此，未来可引入更多的言语互动和反馈过程以及创建大尺度交互场景，以扩大结论的适用场景。

6 结论

综上，本研究得出如下结论：

(1) 第一人称视角下，空间参照系受到空间线索的支持越多，个体越倾向于使用该参照系进行语言表述且交互效率更高；布局线索的支持效应远大于环境线索；相比于场依存型，场独立型表述者选择参照系时所受到空间线索的影响更大；表述者的空间视角转换能力越高，越倾向于在空间语言交互中承担更多的认知负荷，接收者的空间视角转换能力越高理解效率越高。

(2) 采取第三人称视角不仅能削弱空间线索的支持效应（其中环境线索的支持效应消失）和空间视角转换能力对空间语言交互的影响（影响消失），还会使两类场认知风格表述者的表述过程产生不同程度的复杂化，但无论何种视角下，使用接收者参照系进行语言表述都是提高理解效率的最优方法。

参考文献

Burigo, M., & Schultheis, H. (2018). The effects of direction and orientation of located objects on spatial language comprehension. *Language and Cognition, 10*(2), 298-328.

Chen, L. (1982). Topological structure in visual perception. *Science*, *218*(4573), 699-700.

Chen, L. (1984, May). Gestalt laws of proximity and similarity and tolerance spaces. *Acta Psychologica Sinica*, (3), 259-266.

[陈霖. (1984, 3 月). 格式塔和容限空间. *心理学报*, (3), 259-266.]

Chen, L. (2005). The topological approach to perceptual organization. *Visual Cognition*, *12*(4), 553-637.

Clark, H. H., & Wilkes-Gibbs, D. (1986). Referring as a collaborative process. *Cognition, 22*(1), 1-39.

Clark, H. H. (1996). *Using Language*. Cambridge University Press.

Davis, J. K., & Cochran, K. F. (1989). An information processing view of field dependence-independence. *Early Child Development and Care, 43*(1), 129-145.

Davis, J. K. (1991). Educational implications of field dependence-independence. In S. Wapner & J. Demick (Eds.), *Field Dependence-Independence: Cognitive Style across The Life Span* (pp. 149-175). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Duran, N. D., Dale, R., & Kreuz, R. J. (2011). Listeners invest in an assumed other’s perspective despite cognitive cost. *Cognition, 121*(1), 22-40.

Enticott, P. G., Ogloff, J. R., & Bradshaw, J. L. (2006). Associations between laboratory measures of executive inhibitory control and self-reported impulsivity. *Personality and Individual Differences*, *41*(2), 285-294.

Galati, A., & Avraamides, M. N. (2012). Collaborating in spatial tasks: partners adapt the perspective of their descriptions, coordination strategies, and memory representations. In Spatial Cognition VIII: International Conference, Spatial Cognition 2012, Kloster Seeon, Germany, August 31-September 3, 2012. Proceedings 8 (pp. 182-195). Springer Berlin Heidelberg.

Galati, A., & Avraamides, M. N. (2013). Flexible spatial perspective-taking: conversational partners weigh multiple cues in collaborative tasks. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*.

Galati, A., & Avraamides, M. N. (2015). Social and representational cues jointly influence spatial perspective - taking. *Cognitive Science, 39*(4), 739-765.

Galati, A., Diavastou, A., & Avraamides, M. N. (2018). Signatures of cognitive difficulty in perspective-taking: Is the egocentric perspective always the easiest to adopt? *Language, Cognition and Neuroscience, 33*(4), 467-493.

Galati, A., Dale, R., & Duran, N. D. (2019). Social and configural effects on the cognitive dynamics of perspective-taking. *Journal of Memory and Language, 104*, 1-24.

Hegarty, M., & Waller, D. (2004). A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. *Intelligence, 32*(2), 175-191.

Henson, D. B. (1993). *Visual Fields*. Oxford University Press.

Kronmüller, E., & Barr, D. J. (2015). Referential precedents in spoken language comprehension: A review and meta-analysis. *Journal of Memory and Language*, *83*, 1-19.

Lemaignan, S., Warnier, M., AkinSisbot, E., Clodic, A., & Alami, R. (2017). Artificial cognition for social human-robot interaction: An implemen tation. *Artificial Intelligence, 247*, 45-69.

Li, S. X., & Song, G.W. (1994). A study on the congnitive styles of senior middle school students. *Acta Psychologica Sinica*, *26*(04), 378-384.

[李寿欣, 宋广文. (1994). 关于高中生认知方式的测验研究. *心理学报*, *26*(04), 378-384.]

Ma, B. C. (2021). *The influence of layout and spatial perspective on the choosing and understanding of spatial reference*(Unpublished master’s thesis). Zhejiang Sci-tech University, Hangzhou.

[马奔川. (2021). *场景特征、空间视角对言语参照系建构与理解的影响*(硕士学位论文). 浙江理工大学, 杭州.]

Meilinger, T., Strickrodt, M., & Bülthoff, H. H. (2016). Qualitative differences in memory for vista and environmental spaces are caused by opaque borders, not movement or successive presentation. *Cognition, 155*, 77-95.

Mou, W., & McNamara, T. P. (2002). Intrinsic frames of reference in spatial memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 28*(1), 162-170.

Münzer, S., Zimmer, H. D., Schwalm, M., Baus, J., & Aslan, I. (2006). Computer-assisted navigation and the acquisition of route and survey knowledge. *Journal of Environmental Psychology, 26*(4), 300-308.

Newman-Norlund, S. E., Noordzij, M. L., Newman-Norlund, R. D., Volman, I. A., De Ruiter, J. P., Hagoort, P., & Toni, I. (2009). Recipient design in tacit communication. *Cognition, 111*(1), 46-54.

Nielsen, M. K., Slade, L., Levy, J. P., & Holmes, A. (2015). Inclined to see it your way: Do altercentric intrusion effects in visual perspective taking reflect an intrinsically social process? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 68*(10), 1931-1951.

Peer, M., Brunec, I. K., Newcombe, N. S., & Epstein, R. A. (2021). Structuring knowledge with cognitive maps and cognitive graphs. *Trends in Cognitive Sciences, 25*(1), 37-54.

Ryskin, R. A., Brown-Schmidt, S., Canseco-Gonzalez, E., Yiu, L. K., & Nguyen, E. T. (2014). Visuospatial perspective-taking in conversation and the role of bilingual experience. *Journal of Memory and Language, 74*, 46-79.

Ryskin, R. A., Wang, R. F., & Brown-Schmidt, S. (2016). Listeners use speaker identity to access representations of spatial perspective during online language comprehension. *Cognition, 147*, 75-84.

Schober, M. F. (2009). Spatial dialogue between partners with mismatched abilities. In K.R. Coventry, T. Tenbrink, & J. A. Bateman (Eds.), *Spatial Language and Dialogue* (pp. 23-39). Oxford University Press.

Shintel, H., & Keysar, B. (2009). Less is more: A minimalist account of joint action in communication. *Topics in Cognitive Science*, *1*(2), 260-273.

Song. H. Y. （1988）. The preparation and revision note of Cognitive Style Figure Test. In S. J. Xie, & H. C. Zhang (Eds.), Selected Papers on Cognitive Style(pp. 261－276). Beijing: Beijing Normal University Press.

[宋合义. (1988). 认知方式图形测验的编制与修订说明. 见谢斯骏, 张厚粲 (编). 认知方式(PP. 261—276) 北京：北京师范大学出版社]

Taylor, H. A., & Tversky, B. (1996). Perspective in spatial descriptions. *Journal of Memory and Language, 35*(3), 371-391.

Tosi, A., Pickering, M. J., & Branigan, H. P. (2020). Speakers' use of agency and visual context in spatial descriptions. *Cognition, 194*, 104070.

Vukovic, N., & Williams, J. N. (2015). Individual differences in spatial cognition influence mental simulation of language. *Cognition, 142*, 110-122.

Wang, D. M., Ma B. C., Tian,Y., Wang, Q. J., & Wang, C. H.(2021). Selection of reference framein spatial communication and its influencing factors.*Space Medicine & Medical Engineering*, *34*(5), 399-406.

[王笃明, 马奔川, 田雨, 王琦君, 王春慧. (2021). 空间语言交互中参照系的选择及其影响因素. *航天医学与医学工程, 34*(05), 399-406.]

Xiao, C. L., Fan, Y., Xu, L. F., & Zhou, R. L. (2019). Human-Centered Human-robot Natural Spatial Language Interaction. *Chinese Journal of Applied Psychology , 25*(04), 319-331.

[肖承丽, 范丫, 徐刘飞, 周仁来. (2019). 以人为中心的人-机器人自然空间语言交互. *应用心理学, 25*(04), 319-331.]

Xiao, C. L., Sui, Y.Q., Xiao, S.H., & Zhou, R. L. (2021). A new perspective on spatial interaction research: The effects of multiple social factors. *Advances in Psychological Science, 29*(05), 796-805.

[肖承丽, 隋雨檠, 肖苏衡, 周仁来. (2021). 空间交互研究新视角：多重社会因素的影响. *心理科学进展, 29*(05), 796-805.]

Xie, C. X., Liu, Q., Li, A. J., Tao, W. D., & Sun, H. J. (2009). Frame of Reference in the Mental Representation of Objects Layout.*Acta Psychologica Sinica, 41*(05), 414-423.

[谢超香, 刘强, 黎安娟, 陶维东, 孙弘进. (2009). 空间场景表征中的参照系选取. *心理学报, 41*(05), 414-423.]

You, X. Q. (Ed). (2017). *Aviation Psychology: theory, practice and application*. Zhejiang Education Publishing House.

[游旭群. (主编). (2017). *航空心理学:理论,实践与应用*. 浙江教育出版社.]

You, X. Q. & Yu, L. S. (2000). The relationship between cognitive profile, field-independence and spatial orientation in flight. *Acta Psychologica Sinica*, *32*(02), 158-163.

[游旭群, 于立身. (2000). 认知特征、场独立性与飞行空间定向关系的研究. *心理学报*, *32*(02), 158-163.]

Zhang, H., Zherdeva, K., & Ekstrom, A. D. (2014). Different "routes" to a cognitive map: dissociable forms of spatial knowledge derived from route and cartographic map learning. *Memory & Cognition, 42*(7), 1106-1117.

Zhang, J. Q., Yan, H. F., Chu, J. D., & Li, C. B. (2021). Statistical analysis of randomized complete block design with repeated measure data using Generalized Linear Mixed Models (GLIMMIX). *Acta Agronomica Sinica*, *47*(02), 294-304.

[张久权, 闫慧峰, 褚继登, 李彩斌. (2021). 运用广义线性混合模型分析随机区组重复测量的试验资料. *作物学报, 47*(02), 294-304.]

Zhang, Q. (2017). *The development and validation of the measurement tool for three dimensional perspective taking spatial ability*(Unpublished master's thesis). Zhejiang Sci-tech University, Hangzhou.

[张琪. (2017). *三维视角转换空间能力测量工具的开发与验证*(硕士学位论文). 浙江理工大学, 杭州.]

Zhao, X. N., & You, X. Q. (2007). The experimental research about the influence of field cognition mode on mental rotation. *Chinese Journal of Applied Psychology*, *13*(04), 334-340.

[赵晓妮, 游旭群. (2007). 场认知方式对心理旋转影响的实验研究. *应用心理学*, *13*(04), 334-340.]

Zhou, J. F., Xu, H. K., Tang, N., Shi, B. H., Zhao, Y., Gao, T., & Shen, M. W. (2016). The “Strong-Cognition” psychology research: implications of AlphaGo. *Chinese Journal of Applied Psychology*, *22*(01), 3-11.

[周吉帆, 徐昊骙, 唐宁, 史博皓, 赵阳, 高涛, 沈模卫. (2016). “强认知”的心理学研究：来自 AlphaGo 的启示. *应用心理学, 22*(01), 3-11.]

The multi-cue impact mechanism of spatial communication under different perspectives

Abstract: Spatial communication refers to the process of exchanging spatial information among collaborators in spatial cooperation tasks. Previous research has shown that social-spatial cues, environmental cues, and layout cues can influence spatial communication. However, the exploration of their multi-cue impact mechanisms has been insufficient. Additionally, factors like perspective and field cognitive style are worthy of investigation as they may affect spatial communication through their influence on spatial perspective-taking processes and spatial cue extraction. Therefore, this study investigated the effects of consistency in multiple spatial cues, spatial perspective-taking ability, and field cognitive style on spatial communication under different perspectives.

Building upon the classical paradigm of spatial communication, this study investigated the multi-cue impact mechanisms by constructing more realistic small-scale indoor virtual environments. Study 1 examined the multi-cue effects on the expression process from the first-person perspective (Experiment 1) and the third-person perspective (Experiment 2). Study 2 explored the multi-cue effects on the reception process from the first-person perspective (Experiment 3) and the third-person perspective (Experiment 4). Study 1 employed a three-factor mixed design, with the core within-subject independent variable being the consistency of spatial cues, derived from social-spatial, environmental, and layout cues. The remaining between-subject variables were spatial perspective-taking ability and field cognitive style. Dependent variables included the ratio of choosing self or other-centric reference frames,duration of language organization and expression. Study 2 utilized a four-factor mixed design, introducing an additional within-subject independent variable, the reference frame of expression statement. Dependent variables comprised accuracy and time taken for understanding expression statements.

All data were analyzed using a generalized linear mixed model. Findings revealed that, in the first-person perspective, greater support for spatial reference frames led to a higher likelihood of expresser using them for spatial information, shorter language organization duration, and faster comprehension and higher comprehension correctness of corresponding spatial statements by receiver. Moreover, layout cues had a greater support effect than environmental cues. The higher the spatial perspective-taking ability, the more inclined the expresser is to choose to express spatial language using other-centric reference frame, and the more correct and time-consuming it is for the receiver to understand the spatial utterance. Field-independent expresser showed a more pronounced effect of spatial cue support in choosing reference frames compared to field-dependent expresser. In spatial communication from a third-person perspective, layout cues continued to have a support effect, while environmental cues did not. In both perspectives, receiver comprehended spatial language expressed using receiver-centric frame more quickly.

The results indicate that: First, in the first-person spatial communication, there is a presence of spatial cue support effects, with the support effect of layout cues significantly outweighing that of environmental cues; regarding reference frame selection, the consistency of spatial cues has a greater impact on field-independent expresser; the higher the spatial perspective-tasking ability, the more the expresser tends to take on a higher cognitive load and the higher the efficiency of the receiver's comprehension. Second, the third-person perspective not only diminishes the supportive effects of spatial cues and the influence of spatial perspective-taking ability on spatial communication, but it also complicates the process of representation to varying degrees for the two types of field cognitive style expressers. But the use of a receiver's frame of reference for linguistic representation is the optimal method for improving comprehension efficiency regardless of perspective.

Keywords: spatial communication, spatial frame of reference, spatial perspective taking, field cognitive style, first/third person perspective

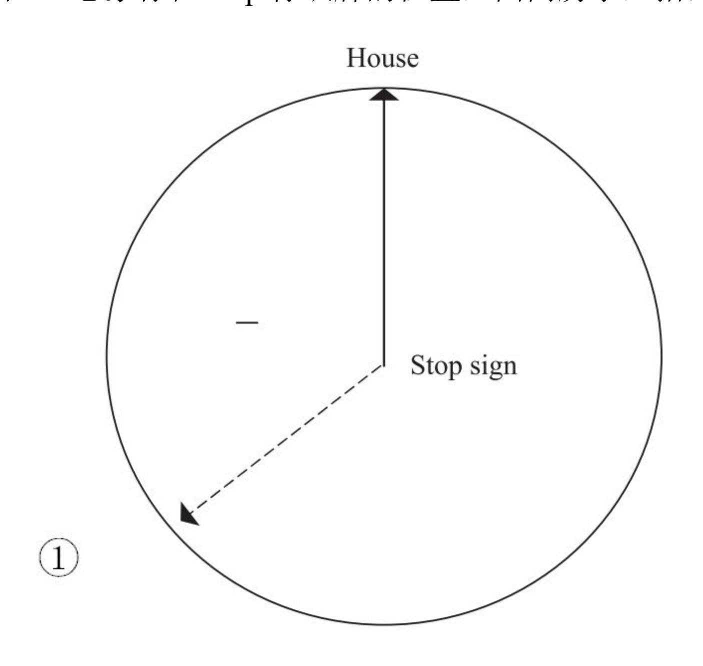
附录 1 客体视角转换测验

客体视角转换测验指导语

在下示地图中有很多标志物，请根据题目要求，想象自己处于某个标志物的位置，面部朝向另一个标志物，判断第三个标志物相对自己的方位，并将方位用笔画在圆圈当中，并用①②③来标记题目序号，圆圈中正前方的箭头代表面部朝向的方向。



例如，题目 1：想象你在 stop 标识牌的位置，面向房子，指出红绿灯的方位



客体视角转换测验题目

题目 1：请您想象自己站在 **stop 标识牌**的位置，面朝**红绿灯**，请指出**猫**的方位

题目 2：请您想象自己站在 **stop 标识牌**的位置，面朝**红绿灯**，请指出**房子**的方位

题目 3：请您想象自己站在**房子**的位置，面朝**猫**，请指出 **stop 标识牌**的方位

题目 4：请您想象自己站在**猫**的位置，面朝**房子**，请指出**树**的方位

题目 5：请您想象自己站在**猫**的位置，面朝**花**，请指出**房子**的方位

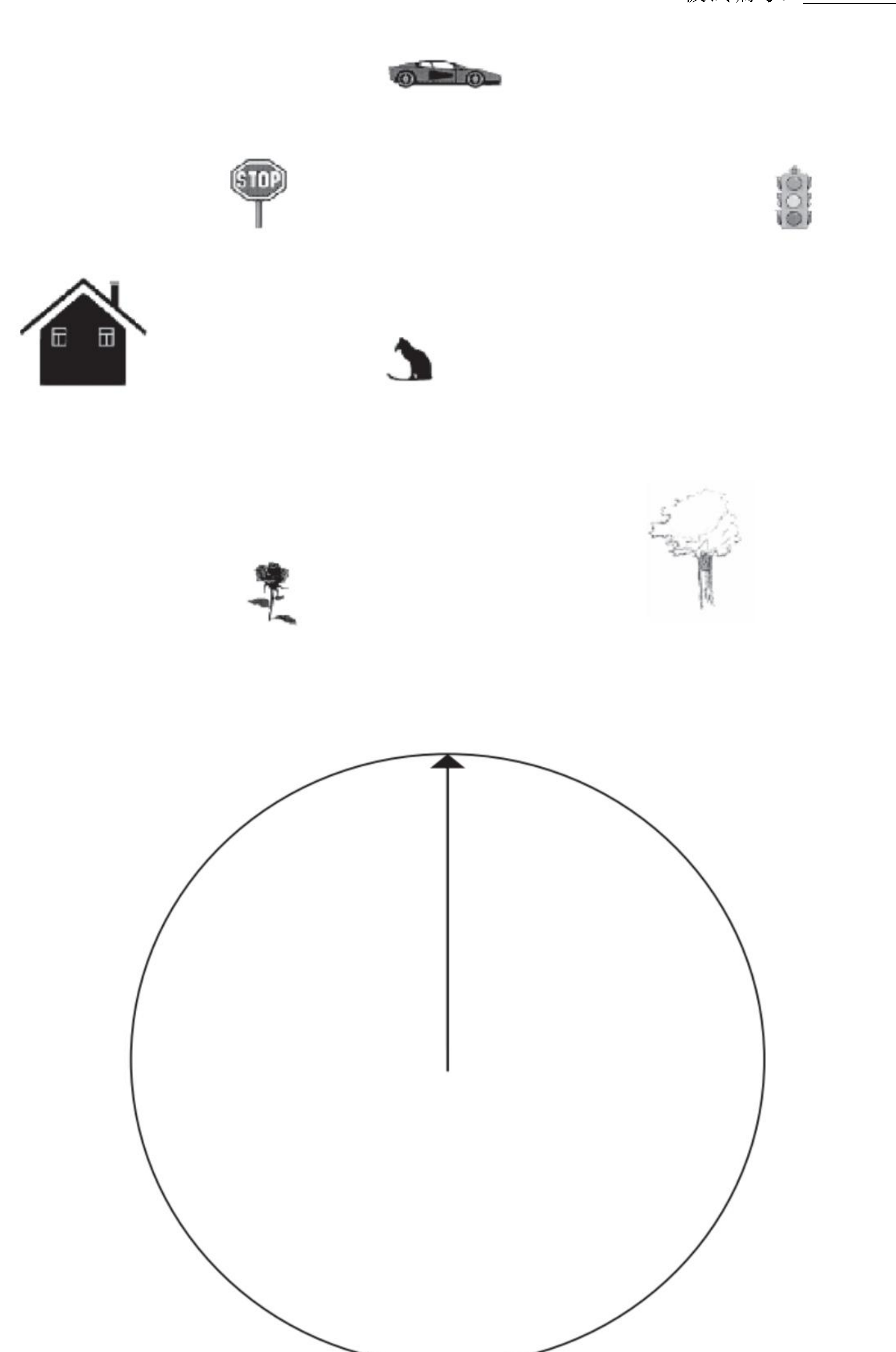
题目 6：请您想象自己站在**汽车**的位置，面朝 **stop 标识牌**，请指出**猫**的方位

题目 7：请您想象自己站在**猫**的位置，面朝**花**，请指出 **stop 标识牌**的方位

题目 8：请您想象自己站在 **stop 标识牌**的位置，面朝**房子**，请指出**红绿灯**的方位

客体视角转换测验答题纸

被试编号：__________

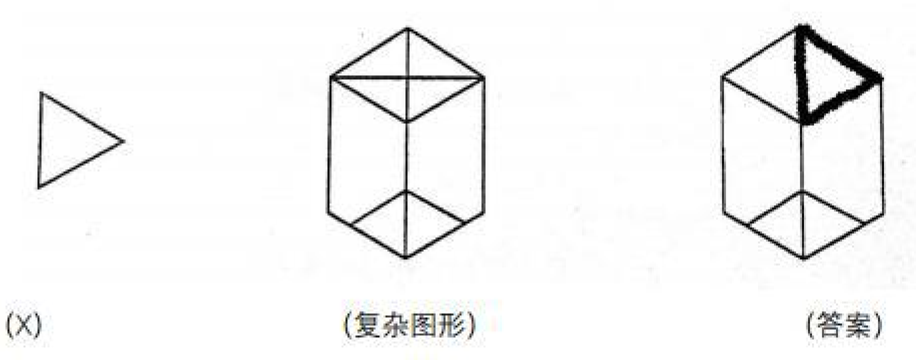


附录 2 镶嵌图形测验

镶嵌图形测验

说明：

这是一个简单的测验。它测量您从复杂图形中发现某种简单图形的能力。例如，下面左图是一个叫做 X 的简单图形，下面的中图是一个复杂图形，其中隐藏着图形 X。请您在这个复杂图形中找到 X，并用笔把它描出来。(答案在右下图)



(X)　　　　　　　　(复杂图形)　　　　　　　　(答案)

在下面的正式测验中有一些题目。每一道题目是一个复杂图形，其中包含有一种简单图形：要求您尽快地把这个简单图形找出来，并用笔描出，如上例。在每一个图形的下边都标有一个要您找的简单图形的号码，您可以到附录去查看这个图形。

注意：

（1）根据您的需要可以随时翻阅“简单图形”；

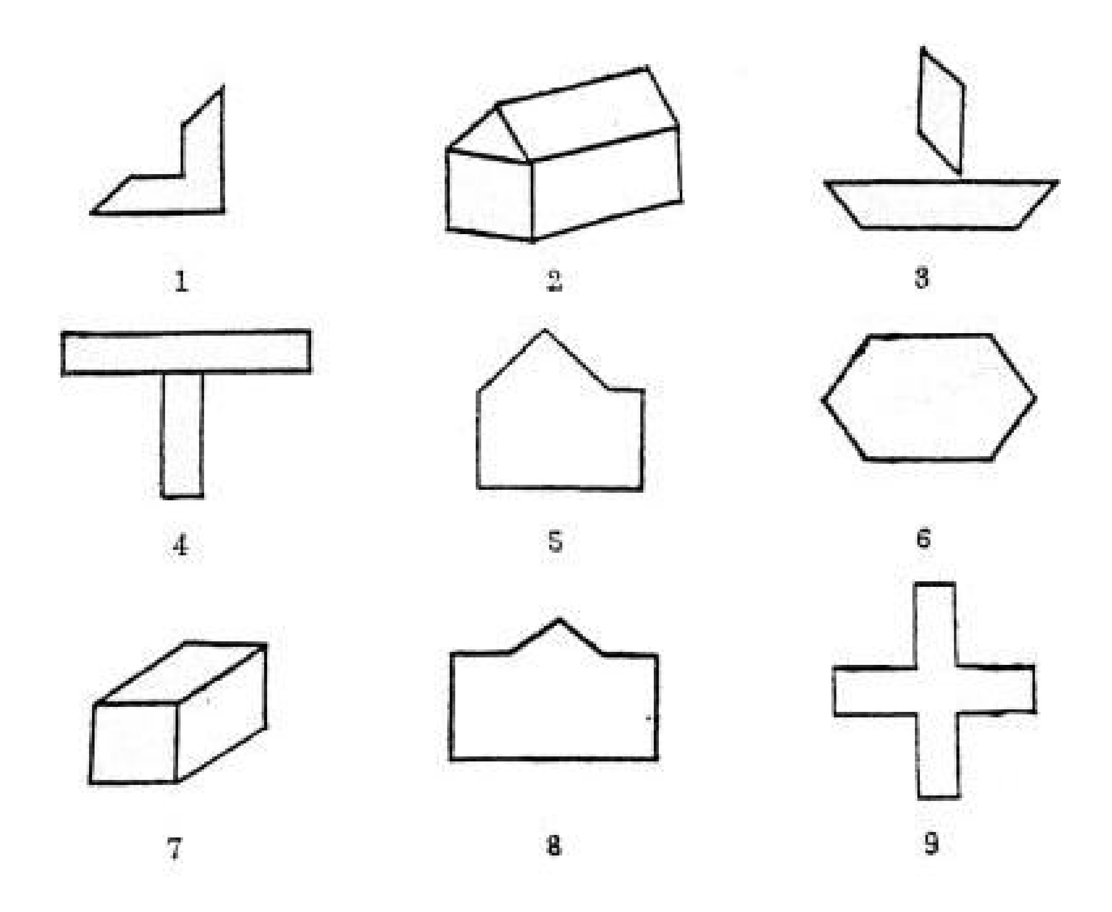
（2）每一道题只描绘一个简单图形，您可能看到不止一个，但是只要求您描绘出它们中间的一个。

（3）在复杂图形中您指出的简单图形，在大小、比例和指向方面都应该与所表现的相同；

（4）擦掉所有描绘错误的地方。

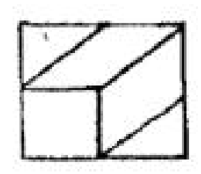
一共三部分，每部分限时 5 分钟。如果准备好了请告知主试，开始计时。

简单图形

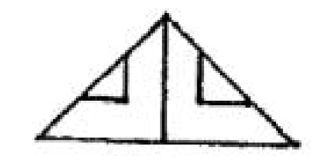


被试编号：__________

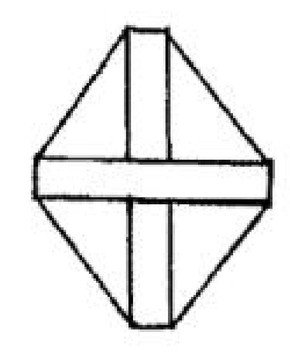
第一部分



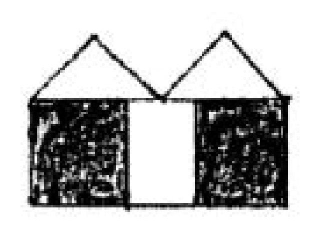
(1)找出简单图形 7



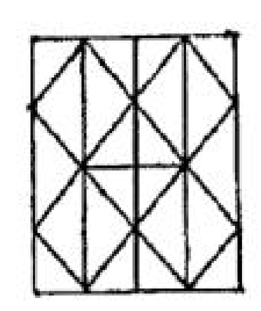
(2)找出简单图形 1



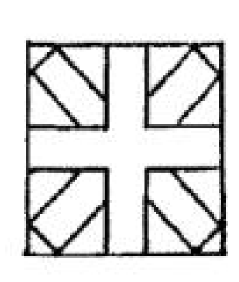
(3)找出简单图形 4



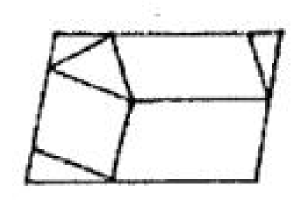
(4) 找出简单图形 5



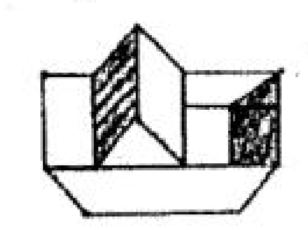
(5) 找出简单图形 6



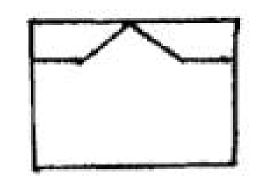
(6) 找出简单图形 9



(7) 找出简单图形 2

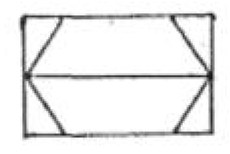


(8) 找出简单图形 3

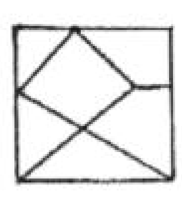


(9) 找出简单图形 8

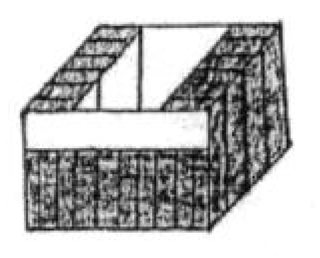
第二部分



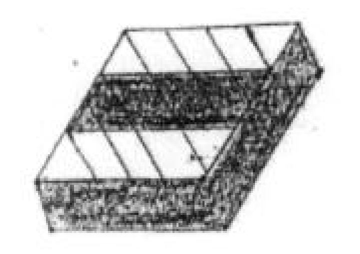

(1)找出简单图形6



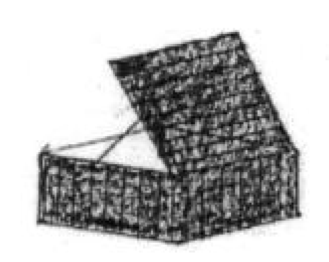
(2)找出简单图形 5



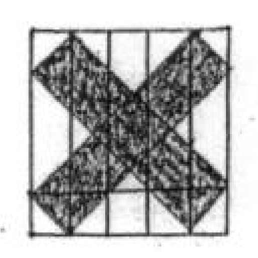
(3)找出简单图形9



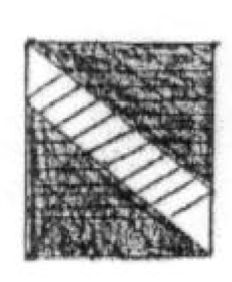
(4)找出简单图形6



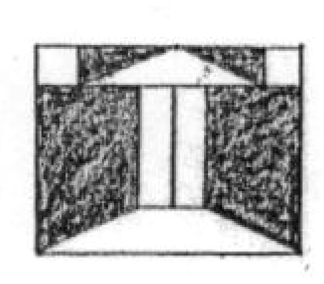
(5)找出简单图形2



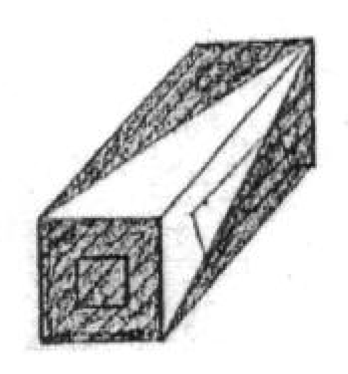
(6)找出简单图形3



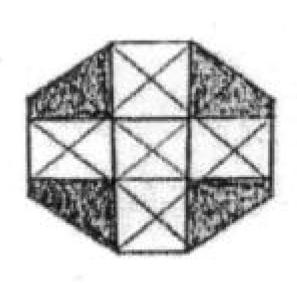
(7)找出简单图形8



(8)找出简单图形4

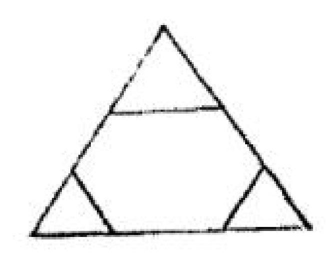


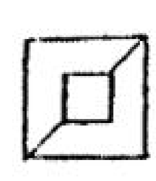
(9)找出简单图形1

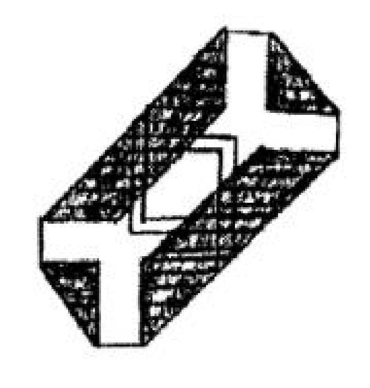


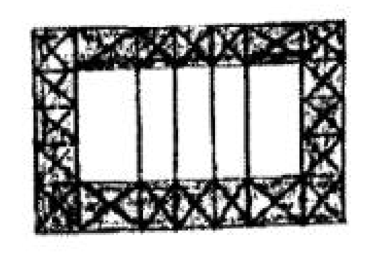
(10)找出简单图形7

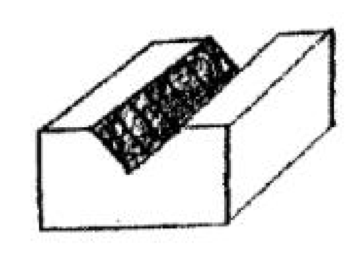
第三部分

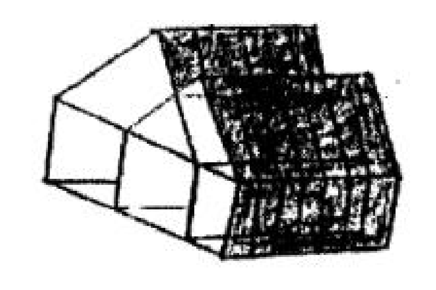

(1)找出简单图形 6

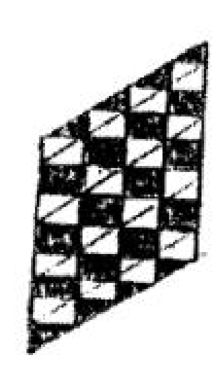

(2)找出简单图形 1

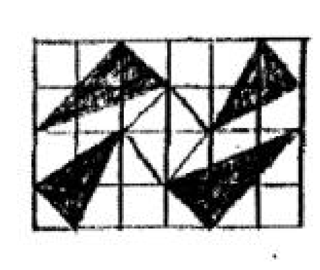

(3)找出简单图形 9

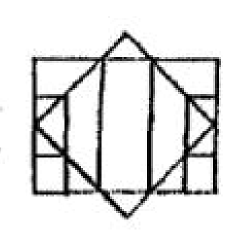

(4) 找出简单图形 4

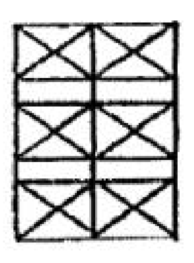

(5) 找出简单图形 8


(6) 找出简单图形 2


(7)找出简单图形 7


(8)找出简单图形 3


(9)找出简单图形 5


(10)找出简单图形 7